

СОДЕРЖАНИЕ

2016. № 3

МАТЕМАТИКА, МЕХАНИКА

- А.А. Аганин, М.А. Ильгамов, Н.А. Хисматуллина*
Зависимость динамики приповерхностного слоя тела от особенностей его нагружения при ударе струи жидкости 5
- А.Г. Хакимов*
Определение массового расхода жидкости в трубопроводе и толщины отложений на его стенках по собственным частотам изгибных колебаний 15

ХИМИЯ

- М.Х. Курбангалеева, Л.Р. Пергушова, А.А. Хасанова*
Применение флокулянтов для ускорения процесса отстаивания твердой части дистиллерной суспензии – отхода содового производства 23

БИОЛОГИЯ, БИОХИМИЯ, ГЕНЕТИКА

- Г.А. Терезулова, Н.Ф. Галимзянова, Г.Э. Актуганов*
Особенности синтеза внеклеточной хитозаназы новым хитозан-деградирующим штаммом *Penicillium glabrum* IB-37-2-4.0-A 26
- И.Б. Рапопорт*
Видовой состав, ландшафтное и биотопическое распределение дождевых червей (*Oligochaeta*, *Lumbricidae*) альпийского пояса Центрального Кавказа 31
- Н.Б. Винокуров*
Биоразнообразие ос-блестянок (*Hymenoptera*, *Chrysididae*) заказника «Самурский лес» (Восточный Кавказ) 38
- Г.А. Геращенко, Г.Р. Ясыбаева, Н.А. Рожнова, А.В. Чемерис*
Механизмы геномного импринтинга у цветковых растений 42
- З.М. Ханов*
Характеристика состояния эпифитной лишенофлоры ООПТ Центрального Кавказа 53
- А.М. Дрегуло*
Влияние механических методов разделения фаз на эффективность выделения тяжелых металлов и фосфатов из активного ила после его детоксикации 59
- З.Т. Бербекова, Р.Х. Пшегусов, Ю.М. Саблирова, А.З. Ахомготов*
Лесопатологическое исследование сосновых лесов Баксанского ущелья (Центральный Кавказ) 64

<i>Н.В. Полякова</i> Интегральная оценка перспективности видов рода <i>Syringa</i> L. в коллекции Уфимского ботанического сада	70
--	----

<i>О.Н. Горобцова, Т.С. Улигова, Р.Х. Темботов, Е.М. Хакунова</i> Влияние сельскохозяйственного использования на биохимические свойства полугидроморфных почв равнинной части Кабардино-Балкарии	74
--	----

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

<i>Т.Т. Казанцева</i> О геодинамическом принципе эволюции геовещества в шарьяжно-надвиговой теории формирования земной коры	82
---	----

ЭКОНОМИКА, СОЦИОЛОГИЯ, ФИЛОСОФИЯ

<i>Ю.В. Мигунова</i> Социальная устойчивость в сфере здравоохранения: критерии, риски и угрозы	90
---	----

<i>Н.Т. Сулейманов, А.Н. Сулейманов, В.И. Мухаметшин</i> Способы автоматизированного поиска и анализа патентной информации как основа создания конкурентных инновационных технологий	97
--	----

ИСТОРИЯ, АРХЕОЛОГИЯ, ЭТНОЛОГИЯ

<i>Т.М. Надыршин</i> Ислам и общеобразовательная школа в ГИС	108
---	-----

<i>А.Г. Баимов</i> Мечети в учреждениях пенитенциарной системы России по Республике Башкортостан	113
--	-----

<i>А.И. Тузбеков, А.Г. Колонских</i> Городища Калатау в системе культурных ландшафтов северо-западного Башкортостана	117
--	-----

CONTENTS

2016. № 3

MATHEMATICS, MECHANICS

- A.A. Aganin, M.A. Ilgamov, N.A. Khismatullina*
Dependence between the dynamics of the near-surface layer
of a solid and the features of its loading under liquid jet impact 5
- A.G. Khakimov*
Mass flow rate and deposit thickness detection
in pipes using natural frequencies of flexural vibrations 15

CHEMISTRY

- M.Kh. Kurbangaleeva, L.R. Pergushova, A.A. Khasanova*
Application of flocculants to accelerate the process of settling suspended solids
in distillation wastewater from sodium production 23

BIOLOGY, BIOCHEMISTRY AND GENETICS

- G.A. Teregulova, N.F. Galimzyanova, G.E. Aktuganov*
Peculiar characteristics of extracellular chitosanase production by a new chitosan-degrading strain
of *Penicillium glabrum* IB-37-2-4.0-A 26
- I.B. Rapoport*
Fauna, landscape and biotopic distribution in earthworms (Oligochaeta, Lumbricidae)
of the alpine belt in the Central Caucasus 31
- N.B. Vinokurov*
Biodiversity of cuckoo wasps (Hymenoptera, Chrysididae)
in the Samur Forest Reserve (East Caucasus) 38
- G.A. Gerashchenkov, G.R. Yasybaeva, N.A. Rozhnova, A.V. Chemeris*
Mechanisms of genomic imprinting in flowering plants 42
- Z.M. Khanov*
Characteristics of epiphytic lichen flora current state in specially protected natural areas
of the Central Caucasus 53
- A.M. Dregulo*
Influence of mechanical methods for separating phases on the efficient removal
of heavy metals and phosphates from activated sludge after its detoxification 59
- Z.T. Berbekova, R.Kh. Pshegusov, Yu.M. Sablirova, A.Z. Akhomgotov*
Research on the pine forest pathology in the Baksan Gorge (Central Caucasus) 64

<i>N.V. Polyakova</i> Integrated estimation for prospects of the <i>Syringa</i> L. species in the collection of the Ufa Botanical Garden-Institute	70
--	----

<i>O.N. Gorobtsova, T.S. Uligova, R.K. Tembotov, E.M. Khakunova</i> The effect of agricultural exploitation on biochemical properties of semihydromorphic soils in the plains of Kabardino-Balkaria	74
---	----

EARTH SCIENCE

<i>T.T. Kazantseva</i> On geodynamic principle of geo-substance evolution in the nappe-thrust theory of the Earth's crust formation	82
---	----

ECONOMICS, SOCIOLOGY, PHILOSOPHY

<i>Yu.V. Migunova</i> Social sustainability in the health care system: Criteria, risks and threats	90
---	----

<i>N.T. Suleymanov, A.N. Suleymanov, V.I. Mukhametshin</i> Methods of automated search for patent information and its analysis as a basis for creating competitive innovative technologies	97
--	----

HISTORY, ARCHEOLOGY, ETHNOLOGY

<i>T.M. Nadyrshin</i> Islam and the comprehensive school in GIS	108
--	-----

<i>A.G. Baimov</i> Mosques in correctional institutions of the Russian Federal Penitentiary Service in the Republic of Bashkortostan	113
--	-----

<i>A.I. Tuzbekov, A.G. Kolonskikh</i> Kalatau fortified settlement in the cultural landscapes of north-western Bashkortostan	117
---	-----

УДК 539.3

ЗАВИСИМОСТЬ ДИНАМИКИ ПРИПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ТЕЛА ОТ ОСОБЕННОСТЕЙ ЕГО НАГРУЖЕНИЯ ПРИ УДАРЕ СТРУИ ЖИДКОСТИ

© А.А. Аганин, М.А. Ильгамов, Н.А. Хисматуллина

Рассматриваются динамика приповерхностного слоя упруго-пластического тела и деформации его поверхности при ударе высокоскоростной цилиндрической струи жидкости с полусферическим концом ортогонально поверхности тела. Изучается влияние имеющихся в нагрузке крупномасштабной и мелкомасштабной пространственной неоднородности (первая – порядка радиуса области воздействия струи на поверхность тела, вторая – порядка сотых долей этого радиуса и меньше) на напряжения, возникающие в приповерхностном слое тела, и профиль его поверхности. Исследование крупномасштабной неоднородности представляет интерес с механической точки зрения, тогда как анализ мелкомасштабных острых пиков, возникающих на периферии области нагружения поверхности тела, актуален еще и потому, что рассчитывать такие пики в настоящее время удается лишь со значительной погрешностью. В данной работе давление на поверхности тела получается аппроксимацией результатов расчетов удара струи по жесткой стенке методом SIP-CUP на адаптивной *sofaban*-сетке без явного выделения границы жидкость-газ. Исследование проводится с использованием пяти способов аппроксимации нагружения поверхности тела. В качестве материала тела принят конструкционный алюминиевый сплав Д16Т. Тело моделируется упруго-пластическим изотропным полупространством, деформации и перемещения в нем полагаются малыми. В пластических зонах выполняется условие текучести Мизеса. Для оценки напряженного состояния тела используется интенсивность напряжений. Решение находится численно классическим методом С.К. Годунова. При этом бесконечная область тела заменяется конечной цилиндрической областью с искусственными границами, на которых ставятся неотражающие условия. Показано, что пренебрежение крупномасштабной неоднородностью нагружения может приводить к заметному искажению поля интенсивности напряжений в приповерхностном слое тела. Кроме того, значительно изменяются как конфигурация, так и глубина круговой микровмятины, возникающей на поверхности тела при ударе струи. В отличие от этого, мелкомасштабные острые пики влияют лишь на величину кольцевого углубления на краю донной части микровмятины. С увеличением амплитуды пика углубление увеличивается.

Ключевые слова: ударное воздействие струи, упруго-пластическое тело, деформация поверхности, интенсивность напряжений.

Введение. При ударе высокоскоростной струи (или капли) жидкости по поверхности твердого тела возникают напряжения, способные вызвать в приповерхностном слое необратимые деформации, а при многократном повторении таких ударов – приводить к повреждениям. Характер и масштабы повреждений зависят от размеров, формы и скорости струи, свойств жидкости, характеристик материала тела. Для понимания механизма разрушительного воздействия многократных ударов важно знать особенности

однократного воздействия струи. Эта проблема изучается многими исследователями (например, [1–3]), и делается это, главным образом, экспериментально. Между тем возможности экспериментальных исследований процессов как в теле, так и в бьющей струе весьма ограничены. С одной стороны, наиболее значимые последствия удара проявляются лишь в масштабах долей радиуса струи R , а экстремальные значения параметров сохраняются лишь в течение времени порядка R/C (C – скорость звука в струе).

АГАНИН Александр Алексеевич – д.ф.-м.н., Институт механики и машиностроения Казанского научного центра РАН, e-mail: aganin@kfti.knc.ru

ИЛЬГАМОВ Марат Аксанович – чл.-корр. РАН, Институт механики им. Р.Р. Мавлютова Уфимского научного центра РАН, e-mail: ilgamov@anrb.ru

ХИСМАТУЛЛИНА Наиля Абдулхаевна – к.ф.-м.н., Институт механики и машиностроения Казанского научного центра РАН, e-mail: nailya_hism@mail.ru

С другой стороны, в полной мере наблюдению доступен лишь результат удара на поверхности. Процессы же, происходящие внутри тела, во многом для наблюдения недоступны. Поэтому большое значение приобретает численное моделирование.

В настоящей работе рассматривается удар высокоскоростной цилиндрической водяной струи с полусферическим концом ортогонально поверхности неподвижного тела из алюминиевого сплава. В начале удара, когда кончик струи касается поверхности тела, в месте касания в струе возникает ударная волна, уходящая от тела со скоростью $D - V$ (V – скорость струи, $D \approx C + V(\Gamma + 1)/4$, для воды $\Gamma \approx 7$). При этом давление жидкости на поверхности тела в точке их соприкосновения резко возрастает до величины порядка давления гидроудара $p_{wh} = \rho DV$ (ρ – плотность жидкости в струе), соответствующего жесткой стенке. В начальной стадии удара радиус области контакта струи и тела быстро увеличивается от нуля, тогда как скорость его роста, наоборот, быстро уменьшается от бесконечности. Пока край фронта ударной волны соприкасается с поверхностью тела (рис. 1, а), давление в центре области контакта постепенно падает, а на периферии – возрастает. Начиная с некоторого момента, кромка фронта ударной волны отрывается от поверхности тела и удаляется от нее вдоль свободной поверхности струи (рис. 1, б). Примерно в этот момент начинается растекание струи по поверхности тела, вскоре после чего давление на периферии круговой области контакта струи и тела начинает уменьшаться.



Рис. 1. Схема удара струи по телу. Черным обозначена область тела, серым – область жидкости. Кривые обозначают фронт ударной волны в два последовательных момента времени: а – радиус фронта равен радиусу области контакта, б – ударная волна распространяется по свободной поверхности струи, струя растекается по поверхности тела

Более подробно изменение радиальных профилей давления на поверхности тела в процессе удара струи характеризует рис. 2 (координата r отсчитывается от оси струи). Видно, в частности, что давление в центре области воздействия струи постепенно уменьшается, а на периферии – до момента 3 растет, а затем монотонно падает.

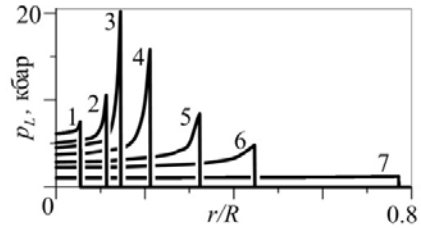


Рис. 2. Радиальные профили нагружения поверхности тела в семь последовательных моментов времени

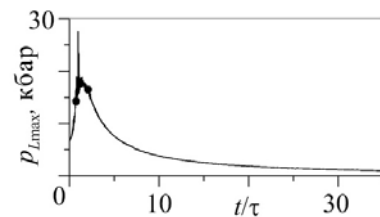


Рис. 3. Зависимость расчетного максимального давления на поверхности тела от времени [4]. Точками обозначены границы участка, где в расчетах не удается достигнуть численной сходимости

Приведенные на рис. 2 профили давления получены аппроксимацией результатов расчетов удара струи по жесткой стенке методом SIP-CUP на адаптивной soroban-сетке без явного выделения границы жидкость-газ [4]. Аппроксимация применялась для устранения неопределенности в рассчитанной нагрузке. Неопределенность обусловлена двумя обстоятельствами. Во-первых, в небольшой окрестности кольцевой области поверхности тела, где давление и его градиент достигают своих экстремальных значений, и в малом промежутке времени, в котором эти экстремумы достигаются, сходимости численного решения добиться не удается (не хватает вычислительных мощностей) в силу крайней малости соответствующих пространственно-временных масштабов. (Следует отметить, что авторам не известны работы, где такая сходимость была бы достигнута.) Во-вторых,

в еще меньшей окрестности указанной кольцевой области поверхности тела, где давление и его градиент достигают своих экстремальных значений, и в малом промежутке времени, в котором эти экстремумы достигаются, в расчетах возникают высокочастотные осцилляции численной природы.

Указанные обстоятельства неопределенности нагрузки, рассчитанной в [4], характеризует рис. 3, где приведена полученная в [4] временная зависимость максимального давления на поверхности тела (как видно на рис. 2, положение максимального давления со временем меняется). Параметр τ на оси времени соответствует моменту достижения максимума давления (для оценки τ используют формулу $\tau = RV / 2D^2$ [6]). Границы области, где численной сходимости добиться не удалось, отмечены точками. Видно, что осцилляции возникают внутри этой области лишь в очень узкой окрестности момента времени, соответствующего наибольшему значению представленной кривой. В этом очень малом промежутке времени радиальный профиль распределения давления на поверхности тела у края области нагружения имеет очень острый пик, подобный тому, что есть у кривой 3 на рис. 2. В работе [5] для устранения указанной неопределенности в качестве абсолютного максимума давления на стенке выбрано принятое рядом авторов (например, в [6]) значение, в три раза превышающее давление гидроудара p_{wh} . Однако другие авторы (например, [7]) полагают, что максимум давления на стенке может быть еще больше. Таким образом, к настоящему времени нет однозначного способа устранения имеющейся неопределенности в рассчитанной нагрузке. Вместе с тем в силу малых пространственных масштабов ее проявления можно ожидать, что влияние различия в способах ее устранения на динамику приповерхностного слоя тела будет не очень значительным. Исследованию этого вопроса и посвящена настоящая работа. Кроме того, в ней изучается влияние имеющейся в нагрузке (рис. 2) крупномасштабной пространственной неоднородности

(порядка радиуса области воздействия струи на поверхность тела), которое представляет интерес с механической точки зрения.

Постановка задачи. Рассматривается динамика приповерхностного слоя тела при рассчитанном в [4] ударном воздействии на его поверхность высокоскоростной струи жидкости. Полученные в [4] результаты соответствуют осесимметричной струе (радиуса $R = 100$ мкм) воды (плотность $\rho = 1000$ кг/м³, скорость звука $C = 1500$ м/с) с полусферическим концом, бьющей ортогонально по плоской поверхности абсолютно твердого тела со скоростью $V = 300$ м/с. Рассчитанная в [4] нагрузка принимается в настоящей работе в качестве основы при построении закона нагружения $p_L(r, t)$ – зависимости давления на поверхности тела от радиальной координаты r , отсчитываемой от оси струи, и времени t . Рассчитанная в [4] нагрузка не может быть взята непосредственно, поскольку из-за указанной выше во введении неопределенности в малом промежутке времени в тонкой кольцевой области поверхности тела сходимости численного решения из-за недостатка вычислительных мощностей добиться в [4] не удалось.

Целью настоящей работы является изучение различий в динамике приповерхностного слоя тела, вызванных разными способами аппроксимации результатов работы [4], используемыми при построении закона нагружения $p_L(r, t)$. В качестве материала тела принят конструкционный алюминиевый сплав Д16Т. Его плотность $\rho = 2700$ кг/м³, модуль Юнга $E = 71$ ГПа, коэффициент Пуассона $\nu = 0.34$, предел текучести $Y_0 = 325$ МПа. Такие механические характеристики обеспечивают высокую степень подверженности материала упруго-пластическим деформациям.

Тело моделируется упруго-пластическим изотропным полупространством. Деформации и перемещения в нем полагаются малыми, что допустимо при рассматриваемом нагружении. Для описания динамики тела используются уравнения

$$\begin{aligned}
 \rho \frac{\partial u}{\partial t} &= \frac{\partial(S_{rr} - P)}{\partial r} + \frac{\partial S_{rz}}{\partial z} + \frac{S_{rr} - S_{\phi\phi}}{r}, \\
 \frac{\partial S_{zz}}{\partial t} &= -\frac{2}{3} \mu \left(\frac{\partial u}{\partial r} - 2 \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{u}{r} \right), \\
 \rho \frac{\partial v}{\partial t} &= \frac{\partial S_{rz}}{\partial r} + \frac{\partial(S_{zz} - P)}{\partial z} + \frac{S_{rz}}{r}, \\
 \frac{\partial S_{rr}}{\partial t} &= \frac{2}{3} \mu \left(2 \frac{\partial u}{\partial r} - \frac{\partial v}{\partial z} - \frac{u}{r} \right), \\
 \frac{\partial S_{rz}}{\partial t} &= \mu \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial v}{\partial r} \right), \\
 \frac{\partial S_{\phi\phi}}{\partial t} &= -\frac{2}{3} \mu \left(\frac{\partial u}{\partial r} + \frac{\partial v}{\partial z} - 2 \frac{u}{r} \right); \\
 \frac{\partial P}{\partial t} &= -K \left(\frac{\partial u}{\partial r} + \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{u}{r} \right).
 \end{aligned} \tag{1}$$

Здесь z – осевая координата; u, v – компоненты скорости по осям цилиндрических координат r и z соответственно; $S_{rr}, S_{zz}, S_{\phi\phi}, S_{rz}$ – компоненты девизатора S тензора напряжений σ ; $S = \sigma + Pg$, P – всестороннее (гидростатическое) давление, g – метрический тензор, $\lambda = Ev(1+\nu)/(1-2\nu)$ и $\mu = 0.5E/(1+\nu)$ – параметры Ламе, E – модуль Юнга, ν – коэффициент Пуассона, ρ – невозмущенная плотность тела.

В пластических зонах выполняется условие текучести Мизеса $\sigma_i = Y_0$, где

$$\sigma_i = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_z - \sigma_r)^2 + (\sigma_z - \sigma_\phi)^2 + (\sigma_r - \sigma_\phi)^2 + 6\tau_{rz}^2}$$

– интенсивность напряжений, Y_0 – предел текучести материала тела. Если условие текучести нарушается, то есть если σ_i в некоторой точке превышает предел текучести, то девизатор тензора напряжений корректируется

$$S_{corr} = \frac{Y_0}{\sigma_i} S.$$

За начальный момент времени $t = 0$ принимается момент касания струи поверхности тела. В начальный момент деформации в радиальном и окружном направлениях отсутствуют, реализуется статическое напряженное состояние

$$\begin{aligned}
 \sigma_z &= -p_0, \quad \sigma_r = \sigma_\phi = -\lambda(\lambda + 2\mu)^{-1} p_0, \\
 \tau_{rz} &= 0, \quad u = v = 0.
 \end{aligned} \tag{2}$$

На поверхности тела $z = 0$ полагается

$$\sigma_z = -p_L(r, t), \quad \tau_{rz} = 0. \tag{3}$$

На бесконечном удалении от места приложения нагрузки параметры тела остаются невозмущенными.

Задача (1)–(3) решается численно классическим методом С.К. Годунова. Подробное описание методики расчета и иллюстрацию ее применения можно найти в [8, 9]. Отметим лишь, что бесконечная область тела заменяется в методике конечной цилиндрической областью с искусственными границами, на которых ставятся неотражающие условия [10].

Аппроксимация нагружения. Влияние неопределенности нагрузки, рассчитанной по методике [4], в малом промежутке времени в тонкой кольцевой области поверхности тела на динамику его приповерхностного слоя при ударе по телу струи с полусферическим концом анализируется путем сопоставления результатов применения нескольких способов аппроксимации данных [4]. Все они опираются на полученные в [4] массивы временных зависимостей радиуса области воздействия струи на тело $R_L^*(t_j)$ и давлений $p_i^*(t_j)$ в 4-х точках поверхности тела: $r_1(t_j) = 0$, $r_2(t_j) = R_L^*(t_j)/3$, $r_3(t_j) = 2R_L^*(t_j)/3$ и $r_4(t_j) = R_L^*(t_j)$, j – номер элемента в массиве, $j = 1, 2, \dots$. Определяемые этими массивами временные зависимости аппроксимируются с применением сплайн-интерполяции с использованием лишь 10–15 опорных точек. Опорные точки из массивов $R_L^*(t_j), p_i^*(t_j), i=1-4$ выбираются так, чтобы в результате сплайн-интерполяции получились монотонно изменяющиеся функции $R_L(t), p_1(t), p_2(t), p_3(t)$, близкие к кривым, определяемым соответствующими массивами, и гладкая функция $p_4(t)$, повторяющая общий характер изменения осциллирующей кривой, определяемой массивом $p_4^*(t_j)$. При этом в качестве максимума кривой $p_4(t)$ принимается не максимум в массиве $p_4^*(t_j)$, а величина $3p_{wh}$ [6], где $p_{wh} = V\rho D\rho_s D_s / (\rho D + \rho_s D_s)$ – давление гидроудара, учитывающее упругость тела (D_s – скорость распространения ударной волны в теле). Величина $3p_{wh}$ примерно на 1/3 меньше максимума в массиве $p_4^*(t_j)$.

Аппроксимация 1 [5]. В каждый момент времени t радиальный профиль давления на поверхности тела $p_L(r,t)$ получается на отрезках $r_1 \leq r \leq r_2$ и $r_2 \leq r \leq r_3$ линейной интерполяцией по значениям $p_1(t)$, $p_2(t)$, и $p_2(t)$, $p_3(t)$ соответственно. На отрезке $r_3 \leq r \leq r_4$, где давление может резко возрасть, применяется сплайн-интерполяция. Для построения сплайна вводится ряд вспомогательных точек. Их число и положение в каждый момент времени t определяется путем построения в плоскости p, r ломаной линии, соединяющей точки $(r_3(t), p_3(t))$ и $(r_4(t), p_4(t))$, звеньями которой являются отрезки с растущим в геометрической прогрессии углом наклона к оси r . С применением этого способа аппроксимации построены радиальные распределения давления на рис. 2.

Аппроксимация 2. В этом способе давление на поверхности тела в области воздействия струи рассчитывается по формуле $p_L(r,t) = \tilde{p}_L(r,t) - \alpha[\tilde{p}_L(r,t) - \bar{p}(t)]$, где $\tilde{p}_L(r,t)$, $\bar{p}(t)$ – давление, вычисленное с использованием аппроксимации 1, и его средне-интегральное значение на поверхности, $0 \leq \alpha \leq 1$. Влияние параметра α иллюстрирует рис. 4.

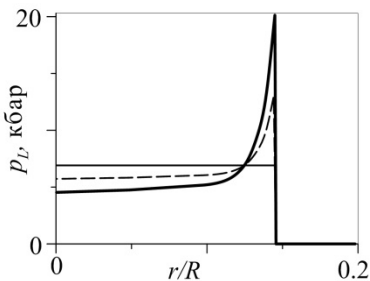


Рис. 4. Влияние параметра α при использовании аппроксимации 2: $\alpha = 0$ – жирная сплошная кривая (соответствует аппроксимации 1), $\alpha = 0.5$ – штриховая кривая, $\alpha = 1$ – тонкая сплошная кривая

Аппроксимация 3. Отличается от аппроксимации 1 лишь на отрезке $r_3 \leq r \leq r_4$. На этом отрезке давление на поверхности тела вычисляется по формуле $p_L(r,t) = \tilde{p}_L(r,t) - \beta[\tilde{p}_L(r,t) - p_{2/3}(r,t)]$, где $\tilde{p}_L(r,t)$ вычисляется с использованием аппроксимации 1, $p_{2/3}(r,t)$ рассчитывается с применением линейной экстраполяции по значе-

ниям $p_2(t)$, $p_3(t)$ в точках $r_2(t)$, $r_3(t)$, $0 \leq \beta \leq 1$. Влияние параметра β иллюстрирует рис. 5.

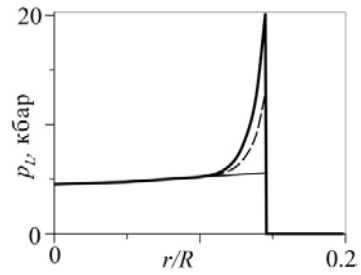


Рис. 5. Влияние параметра β при использовании аппроксимации 3: $\beta=0$ – жирная сплошная кривая (соответствует аппроксимации 1), $\beta=0.5$ – штриховая кривая, $\beta=1$ – тонкая сплошная

Аппроксимации 4, 5. Наиболее существенное отличие аппроксимаций 4, 5 от аппроксимации 1 заключается в том, что здесь в качестве максимума кривой $p_4(t)$ принимается не $3p_{wh}$, а величина, в два раза большая ($6p_{wh}$). В результате этого в малой окрестности $t = \tau$, когда на поверхности тела достигается абсолютный максимум давления, получается значительно более острый, чем в аппроксимации 1, пик как во временной зависимости (рис. 6, а), так и радиальном профиле давления при $t = \tau$ (рис. 6, б).

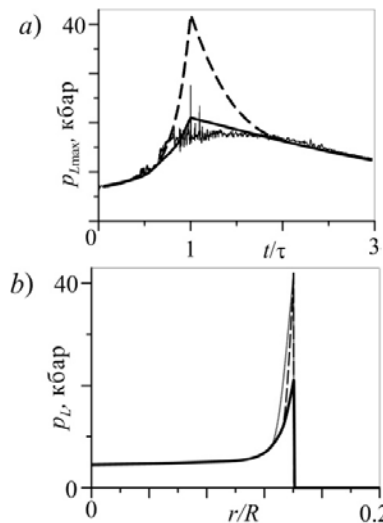


Рис. 6. Фрагмент временной зависимости максимума давления на поверхности тела в окрестности $t = \tau$ (а) и радиальный профиль давления на его поверхности при $t = \tau$ (б): а – сплошная жирная кривая – аппроксимации 1, и штриховая кривая – аппроксимации 4 и 5, тонкая осциллирующая сплошная кривая – расчет по методике [4]; б – сплошная жирная – аппроксимация 1, штриховая – аппроксимация 4, пунктирная – аппроксимация 5

Аппроксимации 4 и 5 различаются выбором дополнительных точек на отрезке $r_3 \leq r \leq r_4$ при построении сплайнов. В результате при аппроксимации 4 ширина пика в радиальном профиле давления на поверхности тела там, где он отходит от аппроксимации 1, в два раза меньше, чем при аппроксимации 5 (рис. 6, *b*).

Влияние характера нагружения на динамику приповерхностного слоя тела.

Рис. 7 характеризует влияние на интенсивность напряжений в приповерхностном слое тела: (*a*) – неоднородности в законе нагружения $p_L(r, t)$, (*b*) – амплитуды пика на отрезке $r_3 \leq r \leq r_4$ и (*c*) – амплитуды пика в малой окрестности точки $r = r_4$, где достигается его максимум, и в малом промежутке времени, в котором этот максимум достигается.

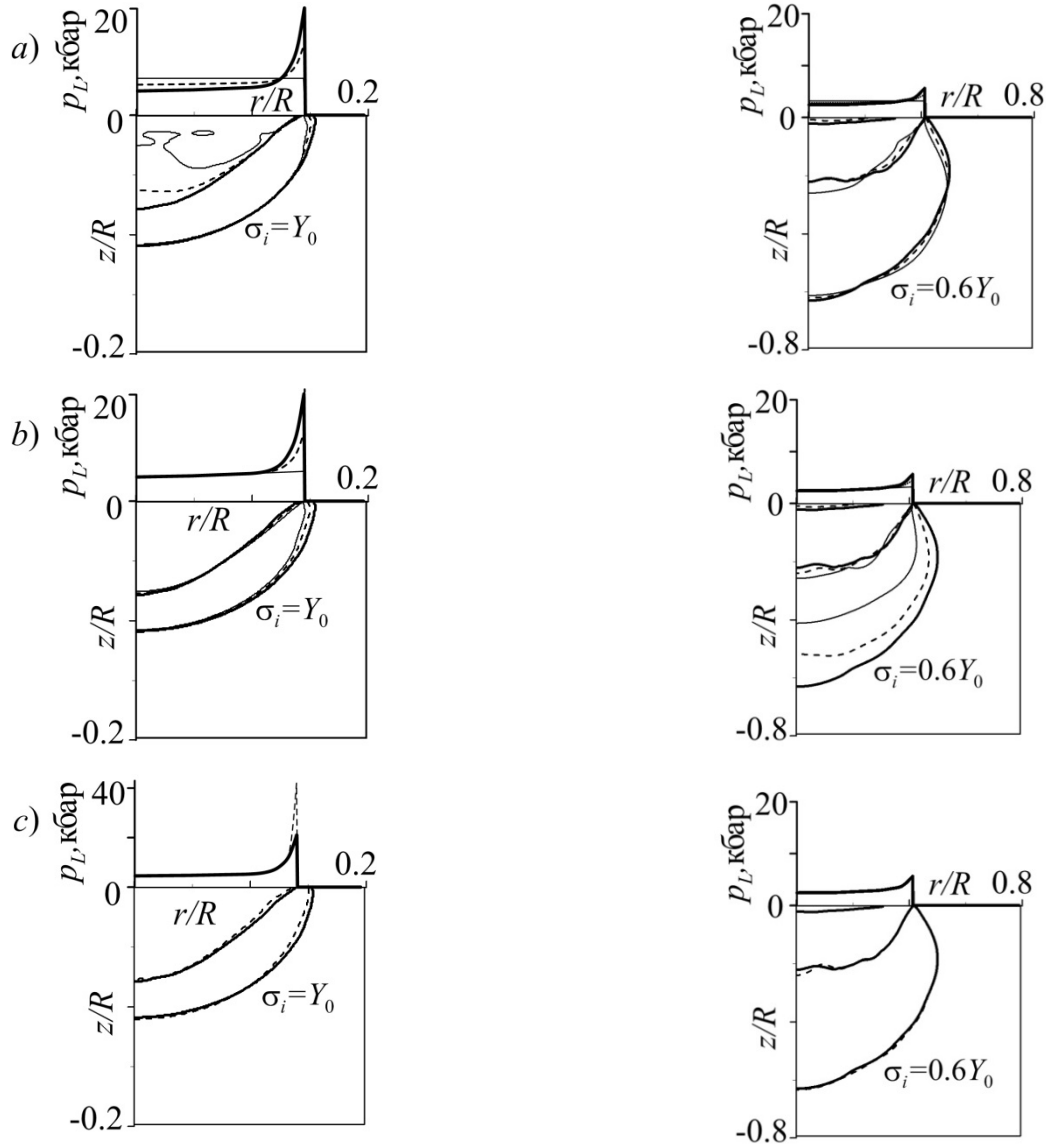


Рис. 7. Профили нагружения поверхности тела и характерные изолинии σ_i в момент $t = \tau$, когда давление на периферии области нагружения принимает свое максимальное значение (левый столбец, изолинии $\sigma_i = Y_0$), и момент достижения максимальной глубины микровмятины на поверхности тела (правый столбец, изолинии $\sigma_i = 0.6 Y_0$). Сплошные жирные кривые – аппроксимация 1 (ей соответствуют $\alpha = 0$, $\beta = 0$). Штриховые кривые – $\alpha = 0.5$ (*a*), $\beta = 0.5$ (*b*), аппроксимация 4 (*c*). Сплошные тонкие кривые – $\alpha = 1$ (*a*), $\beta = 1$ (*b*)

Влияние неоднородности нагружения определяется параметром α ($0 \leq \alpha \leq 1$) в аппроксимации 2: чем больше α , тем меньше неоднородность. При этом $\alpha = 1$ соответствует однородному нагружению с амплитудой, равной средне-интегральному (по площади) значению от функции $p_L(r,t)$, задаваемой аппроксимацией 1 (рис. 2). Влияние амплитуды пика в аппроксимации 3 на отрезке $r_3 \leq r \leq r_4$ определяется параметром β ($0 \leq \beta \leq 1$): чем больше β , тем меньше амплитуда. При этом $\beta = 1$ соответствует пику, «подрезанному» до прямой, определяемой линейной экстраполяцией по значениям $p_2(t)$, $p_3(t)$ в точках $r_2(t)$, $r_3(t)$. Отметим, что хотя при аппроксимации 3 в случае $\beta = 1$ нагрузка близка к однородной, ее средне-интегральное (по площади) значение несколько меньше, чем у аппроксимаций 1 и 2. Влияние амплитуды пика в малой окрестности точки $r = r_4$, где достигается его максимум, и в малом промежутке времени, в котором этот максимум достигается, характеризуют аппроксимации 4 и 5 в сопоставлении с аппроксимацией 1. При этом ширина пика в аппроксимации 5 примерно в 2 раза больше, чем в аппроксимации 4. Результаты применения аппроксимации 5 не приведены, т.к. они незначительно отличаются от того, что дает аппроксимация 4.

Из рис. 7 следует, что кратковременное увеличение (до 2 раз в момент $t = \tau$) амплитуды пика в малой окрестности его максимума (аппроксимация 4) оказывает на распределение интенсивности напряжений в теле заметно меньшее влияние, чем уменьшение неоднородности нагрузки или понижение амплитуды пика на отрезке $r_3 \leq r \leq r_4$. При этом уменьшение неоднородности нагружения наиболее заметно проявляется при $t \approx \tau$, когда давление на периферии области нагружения достигает своего максимума, а понижение амплитуды пика на отрезке $r_3 \leq r \leq r_4$ – на более поздних временах, в частности, в момент достижения максимальной глубины микровмятины на поверхности тела.

Влияние характера нагружения на деформацию поверхности тела. При ударе струи жидкости поверхность упруго-пластического тела деформируется. На ней образуется микровмятина, глубина и профиль которой меняются со временем вместе с изменением нагружения. Рис. 8 иллюстрирует изменение глубины микровмятины в ее центре в процессе деформирования при рассматриваемых аппроксимациях нагружения. Видно, что во всех случаях характер изменения примерно одинаков. Наибольшее различие (около 30%) с тем, что дает аппроксимация 1, возникает при аппроксимации 2 с $\alpha = 1$ и аппроксимации 3 с $\beta = 1$. В других случаях это различие не превышает 4%.

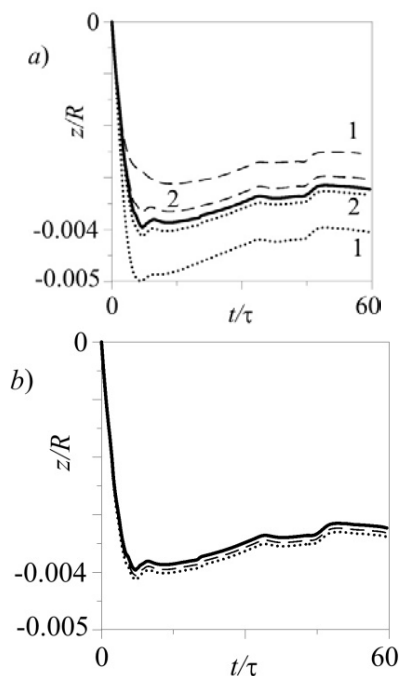


Рис. 8. Изменение осевой координаты центра круговой микровмятины на поверхности тела в процессе ударного воздействия струи. Жирные сплошные кривые всюду соответствуют аппроксимации 1: *a* – пунктирные кривые 1, 2 – аппроксимация 2 при $\alpha = 1$ и 0.25 соответственно, штриховые кривые 1, 2 – аппроксимация 3 при $\beta = 1$ и 0.25 соответственно; *b* – штриховая кривая – аппроксимация 4, пунктирная кривая – аппроксимация 5

Радиальный профиль микровмятины на поверхности тела в момент $t = 7 \tau$, когда ее глубина достигает своего максимума (при аппроксимации 1 она составляет около $4.3 \cdot 10^{-3}R$), иллюстрирует рис. 9.

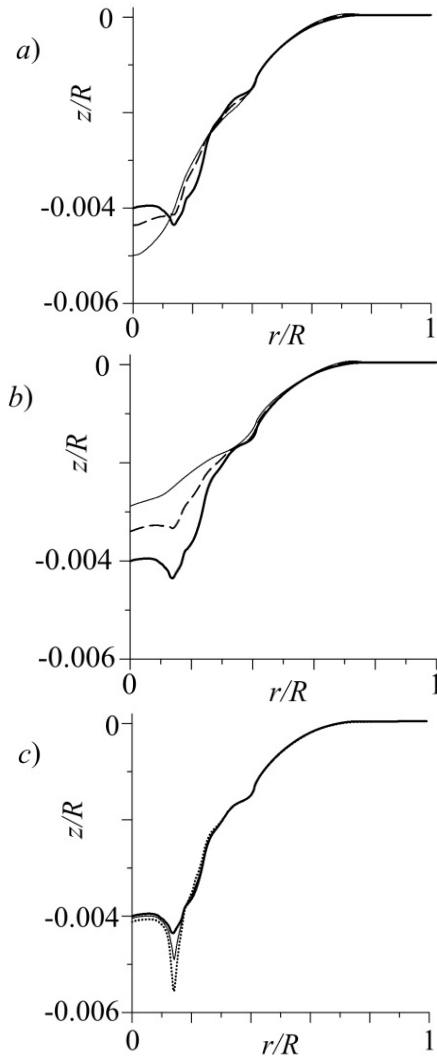


Рис. 9. Профили поверхности тела в момент достижения максимальной глубины вмятины. Сплошные жирные кривые всюду соответствуют аппроксимации 1: *a* – штриховая и сплошная тонкая кривые – аппроксимация 2 при $\alpha = 0.5$ и 1 соответственно; *b* – штриховая и сплошная тонкая кривые – аппроксимации 3 при $\beta = 0.5$ и 1 соответственно; *c* – сплошная тонкая – аппроксимации 4, пунктирная – аппроксимации 5

Видно, что при аппроксимации 1 на периферии донной части микровмятины возникает небольшое кольцевое углубление. По мере уменьшения как неоднородности в законе нагружения $p_L(r, t)$ (рис. 9, *a*), так и амплитуды пика на отрезке $r_3 \leq r \leq r_4$ (рис. 9, *b*) углубление постепенно уменьшается и при $\alpha = 1$ и $\beta = 1$ полностью исчезает. С уменьшением неоднородности нагружения микровмятина в центральной области становится глубже, а при уменьшении ам-

плитуды пика на отрезке $r_3 \leq r \leq r_4$, наоборот, мельче. В отличие от этого увеличение амплитуды пика в малой окрестности точки $r = r_4$, где достигается его максимум, и в малом промежутке времени, в котором этот максимум достигается (рис. 9, *c*), приводит лишь к увеличению указанного кольцевого углубления на периферии донной части микровмятины. При этом при аппроксимации 5, в которой ширина основания пика в области его заострения в 2 раза больше, чем при аппроксимации 4, углубление увеличивается заметно больше.

Заключение. Выполнено исследование зависимости динамики приповерхностного слоя тела и деформации его поверхности от крупномасштабной пространственной неоднородности и мелкомасштабных по пространству острых пиков в нагружении поверхности тела, реализующемся при ударе цилиндрической струи с полусферическим концом. Изучение крупномасштабной неоднородности (порядка радиуса R_L области воздействия струи на поверхность тела) представляет интерес с механической точки зрения. Исследование же влияния мелкомасштабных (порядка сотых долей R_L и менее) острых пиков в нагружении поверхности тела актуально еще и потому, что рассчитать такие пики в настоящее время удастся лишь со значительной погрешностью (не хватает вычислительных мощностей).

Показано, что пренебрежение крупномасштабной неоднородностью нагружения может приводить к заметному искажению поля интенсивности напряжений в приповерхностном слое тела. Кроме того, значительно изменяются как конфигурация, так и глубина микровмятины, возникающей на поверхности тела при ударе струи. В частности, если при неоднородном нагружении (с максимумом на периферии) на краю донной части микровмятины возникает небольшое кольцевое углубление, то при однородном нагружении такое углубление отсутствует. При этом глубина микровмятины в ее центре заметно изменяется. В отличие от этого, мелкомасштабные острые

пики влияют лишь на величину кольцевого углубления на краю донной части круговой микровмятины. С увеличением амплитуды пика углубление увеличивается.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 14-01-97004_р_поволжье_а).

ЛИТЕРАТУРА

1. Field J. E. ELSI conference: invited lecture: Liquid impact: Theory, experiment, applications // *Wear*. 1999. V. 233. P. 1–12.
2. Tomita Y., Shima A. Mechanisms of impulsive pressure generation and damage pit formation by bubble collapse // *Journal of Fluid Mechanics*. 1986. V. 169. P. 535–564.
3. Lush P.A. Impact of a liquid mass on a perfectly plastic solid // *Journal of Fluid Mechanics*. 1983. V. 135. P. 373–387.
4. Аганин А.А., Гусева Т.С. Численное моделирование динамики неоднородных сжимаемых сред на основе метода CIP-CUP на адаптивных soroban-сетках // *Ученые записки Казанского университета*. 2014. Т. 156. Кн. 2. С. 55–72.
5. Аганин А.А., Гусева Т.С., Хисматуллина Н.А. Численное моделирование ударного воздействия высокоскоростной струи на твердое тело // *Ученые записки Казанского университета*. 2015. Т. 157. Кн. 1. С. 75–90.
6. Field J.E., Dear J.P., Ogren J.E. The effects of target compliance on liquid drop impact // *Journal of Applied Physics*. 1989. V. 65. P. 533–540.
7. Чижов А.В., Шмидт А.А. Высокоскоростной удар капли о преграду // *Журнал технической физики*. 2000. Т. 70, вып. 12. С. 18–27.
8. Аганин А.А., Ильгамов М.А., Хисматуллина Н.А. Упруго-пластические деформации в теле при ударном воздействии кавитационного пузырька // *Ученые записки Казанского университета*. 2013. Т. 155. Кн. 2. С. 131–143.
9. Аганин А.А., Хисматуллина Н.А. Ударное воздействие струи жидкости на упруго-пластическое тело // *Ученые записки Казанского университета*. 2014. Т. 156. Кн. 2. С. 72–86.

10. Ильгамов М.А., Гильманов А.Н. Неотражающие условия на границах расчетной области. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. 240 с.

References

1. Field J. E. ELSI conference: invited lecture. Liquid impact: Theory, experiment, applications. *Wear*, 1999, vol. 233, pp. 1–12.
2. Tomita Y., Shima A. Mechanisms of impulsive pressure generation and damage pit formation by bubble collapse. *Journal of Fluid Mechanics*, 1986, vol. 169, pp. 535–564.
3. Lush P.A. Impact of a liquid mass on a perfectly plastic solid. *Journal of Fluid Mechanics*, 1983, vol. 135, pp. 373–387.
4. Aganin A.A., Guseva T.S. Numerical simulation of the dynamics of non-uniform compressible media based on the CIP-CUP on dynamically adaptive Soroban grids. *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta*, 2014, vol. 156, book 2, pp. 55–72.
5. Aganin A.A., Guseva T.S., Khismatullina N.A. Numerical simulation of high-speed jet impact on a rigid body. *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta*, 2015, vol. 157, book 1, pp. 75–90.
6. Field J.E., Dear J.P., Ogren J.E. The effects of target compliance on liquid drop impact. *Journal of Applied Physics*, 1989, vol. 65, pp. 533–540.
7. Chizhov A.V., Shmidt A.A. Impact of a high-velocity drop on an obstacle. *Zhurnal tekhnicheskoy fiziki*, 2000, vol. 70, issue 12, pp. 18–27.
8. Aganin A.A., Ilgamov M.A., Khismatullina N.A. Elastic-plastic deformations in a body under the impact of a cavitation bubble. *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta*, 2013, vol. 155, book 2, pp. 131–143.
9. Aganin A.A., Khismatullina N.A. Liquid jet impact on an elastic-plastic body. *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta*, 2014, vol. 156, book 2, pp. 72–86.
10. Ilgamov M.A., Gilmanov A.N. Nonreflecting conditions on the boundary of computational domain. Moscow, Fizmatlit, 2003. 240 p.


**DEPENDENCE OF THE DYNAMICS OF THE NEAR-SURFACE LAYER OF A SOLID
ON THE FEATURES OF ITS LOADING UNDER LIQUID JET IMPACT**

© A.A. Aganin¹, M.A. Ilgamov², N.A. Khismatullina¹

¹Institute of Mechanics and Engineering, Kazan Scientific Centre, RAS,
2/31, ul. Lobachevskogo, 420111, Kazan Russian Federation

²Mavlyutov Institute of Mechanics, Ufa Scientific Centre, RAS,
71, prospekt Oktyabrya, 450054, Ufa, Russian Federation

Consideration is given to the dynamics of the near-surface layer of an elastic and plastic solid and deformation of its surface under the impact of a high-speed cylindrical liquid jet with the semi-spherical end, orthogonally striking the body surface. The paper investigates the influence of the spatial large-scale and small-scale non-uniformities in the load (the first one is on the order of the radius of the jet action area on the body surface, the second one is on the order of hundredths of that radius and less) on the stresses arising in the near-surface layer of the body and the profile of its surface. The study of the large-scale non-uniformity is of interest from the mechanical point of view while the analysis of the small-scale sharp spikes arising at the periphery of the body surface area under loading is also topical due to the fact that those spikes cannot be now computed without significant errors. In this paper the pressure on the body surface is determined by approximating the results of computation of the jet impact on the rigid wall by the CIP-CUP method on the adaptive Soroban grid without explicit separation of the liquid-gas interface. The investigation is conducted using five ways of the body surface load approximation. The body is assumed to be made of structural aluminum alloy 2024. It is simulated by the isotropic elastic and plastic semi-space, and the deformations and displacements in the body are taken to be small. In the plastic zones the Mises yield condition is met. The stress intensity is utilized to estimate the stress state of the body. The problem is numerically solved using the classic Godunov method. In the numerical technique the unlimited area of the body is replaced by the finite cylindrical area with artificial boundaries at which non-reflecting conditions are posed. It has been shown that neglect of the large-scale non-uniformity in the load can lead to an appreciable distortion of the stress intensity field in the near-surface layer of the body. Moreover, both the configuration and the depth of the circular micropit arising on the body surface during the jet impact change to a significant extent. By contrast, the small-scale sharp spikes influence only the magnitude of the circular dent at the edge of the bottom part of the micropit. The dent grows with increasing the spike amplitude.

Key words: jet impact, elastic and plastic body, surface deformation, stress intensity.

УДК 534.113

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССОВОГО РАСХОДА ЖИДКОСТИ В ТРУБОПРОВОДЕ И ТОЛЩИНЫ ОТЛОЖЕНИЙ НА ЕГО СТЕНКАХ ПО СОБСТВЕННЫМ ЧАСТОТАМ ИЗГИБНЫХ КОЛЕБАНИЙ

© А.Г. Хакимов

В процессе равномерной коррозии стенок трубопровода происходит уменьшение толщины стенок основного металла трубы и увеличение толщины продуктов коррозии на стенках трубопровода. Трубопроводы могут содержать отложения на стенках. Механизм эрозионно-коррозионного износа трубопроводов характеризуется тем, что одновременно с утонением стенок на одних участках происходит формирование отложений продуктов коррозии на других. Продукты коррозии также могут оставаться по месту произошедшей коррозии. Трубопровод на внутренней поверхности имеет продукты коррозии на стенках и жидкость под давлением. Предполагается, что продукты коррозии распределены по внутренней поверхности трубопровода равномерно, и вдоль нейтральной линии действует постоянная продольная сила. Трубопровод, защемленный по краям, находится под давлением и действием растягивающей силы, имеет продукты коррозии на стенках. Исследованы собственные изгибные колебания трубопровода с движущейся жидкостью, находящегося под действием растягивающей силы и защемленного по краям. Использовано уравнение изгибных колебаний трубопровода по модели Кирхгоффа и граничные условия для защемленного по краям трубопровода. С помощью формул Феррари определяются волновые числа, при использовании граничных условий находится частотное уравнение. Решена прямая задача определения собственных частот изгибных колебаний трубопровода. Получено, что с увеличением скоростного параметра и с увеличением погонной массы продукта и продуктов коррозии на стенке трубопровода происходит уменьшение собственных частот изгибных колебаний трубопровода. Решена также обратная задача, где по трем низшим частотам изгибных колебаний находится скоростной параметр, относительная масса продукта на единицу длины трубопровода и относительная масса отложений на стенках трубопровода. По трем частотам изгибных колебаний можно определить скоростной параметр, относительную массу продукта на единицу длины трубопровода и относительную массу отложений на стенках трубопровода и, как следствие, массовый расход жидкости по трубопроводу. Полученные результаты могут быть использованы для акустического метода определения скорости жидкости, относительной массы продукта на единицу длины трубопровода и относительной массы отложений на стенках трубопровода и массового расхода жидкости по трубопроводу.

Ключевые слова: трубопровод, изгибные колебания, собственные частоты, скорость, отложения на стенках, прямая и обратная задачи.

Введение. В [1, 2] исследованы собственные поперечные колебания протяженного участка трубопровода, содержащего равномерно движущуюся жидкость. Рассмотренная механическая модель учитывает силы инерции трубы и среды, а также моменты кориолисовых и центробежных сил, обусловленные движением среды. Доказано, что все собственные частоты жестко защемленного на обоих концах трубопровода действительны (и, следовательно, флаттер в данной модели невозможен). Обнаружены эффекты, свиде-

тельствующие о радикальном количественном и качественном отличии этих колебаний от стандартных, отвечающих случаю неподвижной среды [1]. Для первых трех мод [2] построены зависимости собственных значений от величины скорости течения жидкости (от нуля до скорости выпучивания), изучены их свойства в зависимости от инерционного параметра. Аналогично построены и исследованы семейства собственных форм колебаний трубопровода. В [3] определяется плотность жидкости или осевой момент инер-

ции поперечного сечения и внутреннее давление по собственным частотам изгибных колебаний трубопровода. Трубопроводы могут содержать на стенках отложения, например, в [4] приведен анализ эрозионно-коррозионного износа элементов трубопроводных систем на АЭС с РБМК-1000. Показано, что механизм эрозионно-коррозионного износа характеризуется тем, что одновременно с утонением стенок трубопроводов на одних участках происходит формирование отложений продуктов коррозии на других, а в [5] на основе уравнений и методов механики многофазных сред моделируются гидродинамические, теплофизические и тепломассообменные процессы, происходящие при течении природного газа в горизонтальном трубопроводе с учетом образующихся на внутренних стенках канала отложений газовых гидратов. Проведено численное исследование влияния некоторых факторов на процесс гидратообразования. Исследованию отложений парафина в трубопроводах, подвергаемых сезонной чистке, посвящена работа [6]. Здесь исследуются собственные частоты изгибных колебаний трубопровода с продуктами коррозии на стенках и с жидкостью под давлением и вдоль нейтральной линии действует постоянная продольная сила. Решена обратная задача определения скоростного параметра, относительной массы продукта на единицу длины трубопровода и относительной массы отложений на стенках трубопровода.

Постановка задачи. В процессе равномерной коррозии стенок трубопровода происходит уменьшение толщины h стенок основного металла трубы и увеличение толщины h_s продуктов коррозии на стенках трубопровода. Исследуются собственные частоты изгибных колебаний трубопровода с движущейся жидкостью. Трубопровод, защемленный по краям, находится под давлением и действием растягивающей силы, имеет продукты коррозии на стенках. Требуется определить скоростной параметр, относительную массу продукта на единицу длины трубопровода и относительную массу отложений на стенках трубопровода по собственным частотам изгибных колебаний.

Уравнение изгибных колебаний трубопровода по модели Кирхгоффа имеет вид [7–9]

$$EJ \frac{\partial^4 w_*}{\partial x^4} + (\rho_i F_{is} V^2 + P_i F_i - T) \frac{\partial^2 w_*}{\partial x^2} + 2\rho_i F_{is} V \frac{\partial^2 w_*}{\partial x \partial t} + [\rho F + \rho_s (F_i - F_{is}) + \rho_i F_{is}] \times \frac{\partial^2 w_*}{\partial t^2} = 0, \quad (1)$$

где E , ρ , J , F – модуль упругости, плотность, осевой момент инерции и площадь поперечного сечения трубопровода, ρ_i , P_i , V , F_i , F_{is} – плотность, давление и скорость течения жидкости внутри трубопровода, площадь сечения в свету трубопровода без продуктов и с продуктами коррозии, ρ_s – плотность продуктов коррозии, T – усилие растяжения в трубопроводе, w_* – прогиб трубопровода, x – координата, направленная по оси трубопровода, t – время. Перейдя к безразмерным величинам

$$\xi = \frac{x}{L}, w = \frac{w_*}{L}, \tau = vt, v^2 = \frac{EJ}{\rho FL^4},$$

$$R = \frac{(T - P_i F_i) L^2}{EJ}, \alpha = \frac{V}{vL}, \beta = \frac{\rho_i F_{is}}{\rho F},$$

$$\gamma = \frac{\rho_s (F_i - F_{is})}{\rho F}, p = \alpha^2 \beta - R, q = 2\alpha \beta \Omega,$$

$$r = -(1 + \beta + \gamma) \Omega^2, \Omega^2 = \frac{\rho FL^4 \omega^2}{EJ},$$

$$F_i = \pi R_i^2, F_{is} = \pi R_{is}^2, F = \pi [(R_i + h)^2 - R_i^2],$$

$$J = \pi [(R_i + h)^4 - R_i^4] / 4, R_{is} = R_i - h_s,$$

сделаем подстановку $w = W(\xi) \exp(i\Omega\tau)$ и получим уравнение, определяющее форму изгибных колебаний трубопровода

$$\frac{\partial^4 W}{\partial \xi^4} + p \frac{\partial^2 W}{\partial \xi^2} + iq \frac{\partial W}{\partial \xi} + rW = 0, \quad (2)$$

где ω – круговая частота, R_i , R_{is} – внутренний радиус трубопровода без продуктов и с продуктами коррозии, L – длина трубопровода между опорами, α – скоростной параметр, β – параметр плотности жидкости в трубопроводе.

Граничные условия для заземленного по краям трубопровода

$$w = 0, \frac{\partial w}{\partial \xi} = 0 \quad (\xi = 0, 1). \quad (3)$$

Общее решение уравнения (2) будем определять в виде $W(\xi) = \exp(k\xi)$, тогда получим характеристическое уравнение для нахождения неизвестных значений комплексного волнового параметра $k_j = k_j(\alpha, \beta, R, \Omega)$, $j = 1, 2, 3, 4$:

$$k^4 + pk^2 + iqk + r = 0. \quad (4)$$

Согласно формулам Феррари, определяются волновые числа $k_j = k_j(\alpha, \beta, R, \Omega)$, а общее решение уравнения (2) записывается в виде

$$W(\xi) = \sum_{j=1}^4 C_j \exp(k_j \xi). \quad (5)$$

Подставляя (5) в граничные условия (3), получим однородную систему линейных уравнений относительно неизвестных постоянных C_j . Для того чтобы постоянные C_j не были равны нулю одновременно, необходимо, чтобы определитель основной матрицы был равен нулю. Это условие дает частотное уравнение [16]

$$D = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ k_1 & k_2 & k_3 & k_4 \\ e^{k_1} & e^{k_2} & e^{k_3} & e^{k_4} \\ k_1 e^{k_1} & k_2 e^{k_2} & k_3 e^{k_3} & k_4 e^{k_4} \end{vmatrix} = 0. \quad (6)$$

Таким образом, в приведенной простейшей модели трубопровода с движущейся жидкостью под давлением фигурируют параметры R , α , β и γ , которые зависят от усилия натяжения в трубопроводе T , давления внутри трубопровода P_i , площади сечения в свету трубопровода без продуктов F_i и с продуктами коррозии F_{is} , скорости течения жидкости внутри трубопровода V . Подробнее остановимся на влиянии этих факторов на собственные частоты изгибных колебаний. Зависимости первой и второй собственной частот изгибных колебаний стержня от скоростного параметра α для различных значений параметра R и анализ полученных результатов приводятся в [10].

В отличие от работ [1, 2, 10], здесь дается постановка и решение обратной задачи определения скоростного параметра, относительной погонной массы движущегося продукта в трубопроводе и относительной толщины отложений на стенках трубопровода по трем собственным частотам изгибных колебаний. Безразмерный массовый расход m по трубопроводу определяется по формуле

$$m = \alpha\beta = \frac{\rho_i F_{is} V}{\rho F v L} = \frac{\rho_i F_{is} V L}{\sqrt{\rho F E J}}.$$

При $\alpha=0$ и $R=0$ собственные функции $W(\xi)$ действительны и совпадают с собственными функциями стержня с жестко заземленными концами [10].

Если $R=0$, $\beta=1$, $\gamma=0$, то характеристическое уравнение (4) допускает факторизацию, и его корни k_j находятся в явном виде как функции частоты Ω . Для вещественных собственных частот $\Omega_n(\alpha)$ получается довольно простое вековое уравнение, которое решается одним из численных методов [10].

В других случаях корни характеристического уравнения находятся с помощью формул Феррари. Последние, по мнению авторов [10], почти не применялись в задачах математической физики и механики (редким исключением является работа [10]).

Прямая задача. Расчеты проведены для следующих параметров трубы: модуль упругости материала $E=2.0 \cdot 10^{11}$ Н/м², плотность материала трубы $\rho=7800$ кг/м³, толщина стенки трубопровода $h=5$ мм, внутренний радиус трубопровода без продуктов коррозии $R_i=0.259$ м, плотность продуктов коррозии внутри трубопровода $\rho_s=3000$ кг/м³, внутренний радиус трубопровода с продуктами коррозии на стенках $R_{is}=0.254$ м, толщина продуктов коррозии $h_s=5$ мм, осевое усилие $T=0$, давление внутри трубопровода $P_i=0.5$ МПа, плотность жидкости в трубопроводе $\rho_i=800$ кг/м³, скорость жидкости внутри трубопровода $V=10$ м/с, длина трубопровода между опорами $L=25$ м, а параметры $R=-1.1721$,

$\alpha=0.1782$, $\beta=3.1630$, $\gamma=0.3772$. Решение прямой задачи для трубы с вышеприведенными параметрами дает, что низшие три собственные частоты трубопровода $f_1= 2.4588$ Гц, $f_2= 6.8470$ Гц, $f_3= 13.4703$ Гц ($\Omega_1= 10.3120$, $\Omega_2= 28.7157$, $\Omega_3= 56.4931$). На рис. 1 даются зависимости первой (фрагмент а), второй (фрагмент б), третьей (фрагмент в) собственных частот изгибных колебаний трубопровода от скоростного параметра α для $\gamma= 0.3772$ и различных значений параметра $\beta= 3.163$; 2.00 ; 1.00 (кривые 1–3 соответственно). Из рисунков видно, что с увеличением скоростного параметра α происходит уменьшение собственных частот изгибных колебаний трубопровода.

На рис. 2 даются зависимости первой (фрагмент а), второй (фрагмент б), третьей (фрагмент в) собственных частот изгибных колебаний трубопровода от параметра β для $\gamma= 0.3772$ и различных значений скоростного параметра $\alpha=1$; 2 ; 3 (кривые 1–3 соответственно). Из рис. 2 видно, что с увеличением параметра β или с увеличением массы продуктов в трубопроводе происходит уменьшение собственных частот изгибных колебаний трубы.

На рис. 3 даются зависимости первой (фрагмент а), второй (фрагмент б), третьей (фрагмент в) собственных частот изгибных колебаний трубопровода от параметра γ для $\beta= 2$ и различных значений скоростного параметра $\alpha=2$; 3 ; 4 (кривые 1–3 соответственно). Из рис. 3 видно, что с увеличением параметра γ или с увеличением массы отложений на стенках трубопровода также происходит уменьшение собственных частот изгибных колебаний трубы.

Обратная задача. Для определения скоростного параметра α , параметров β и γ запишем систему трех уравнений:

$$\begin{cases} D_1 = D_1(\alpha, \beta, \gamma, \Omega_1) = 0, \\ D_2 = D_2(\alpha, \beta, \gamma, \Omega_2) = 0, \\ D_3 = D_3(\alpha, \beta, \gamma, \Omega_3) = 0. \end{cases}$$

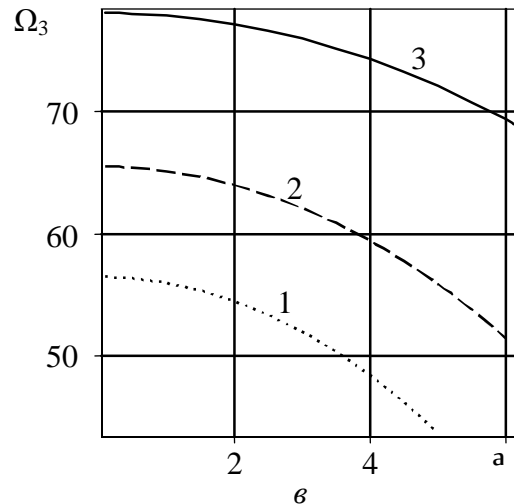
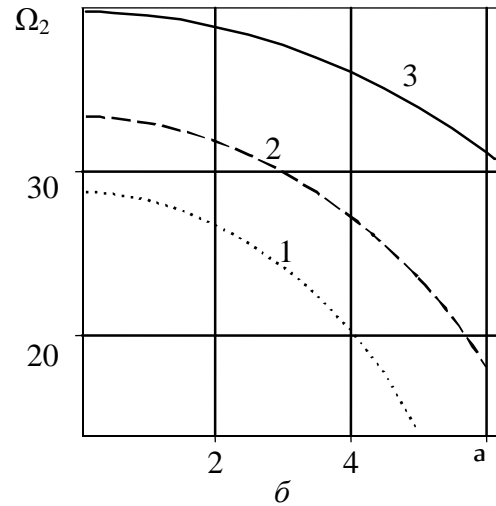
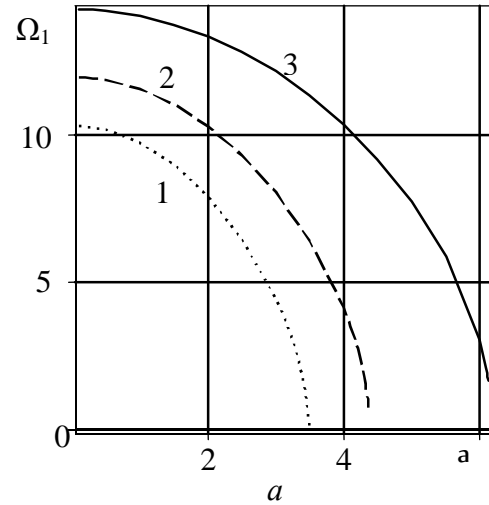


Рис. 1. Зависимости первой (фрагмент а), второй (фрагмент б), третьей (фрагмент в) собственных частот изгибных колебаний трубопровода от скоростного параметра α для $\gamma= 0.3772$ и различных значений параметра $\beta=3.163$; 2.00 ; 1.00 (кривые 1–3 соответственно)

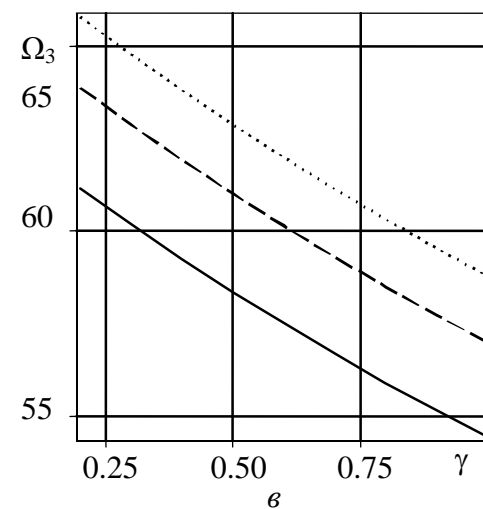
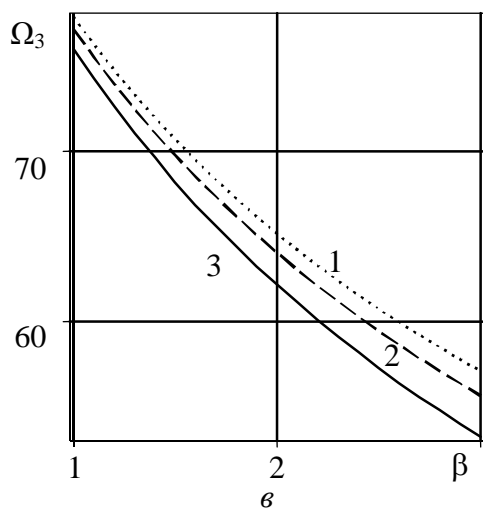
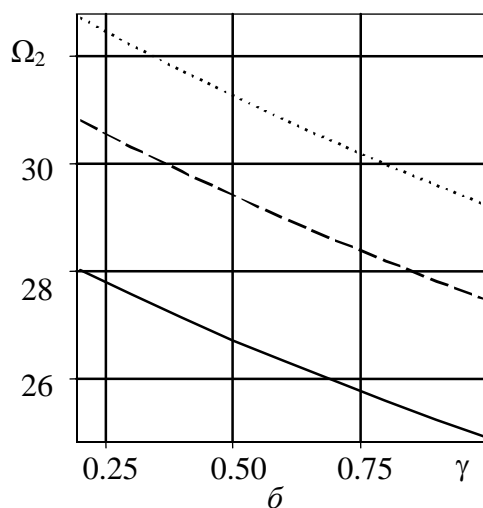
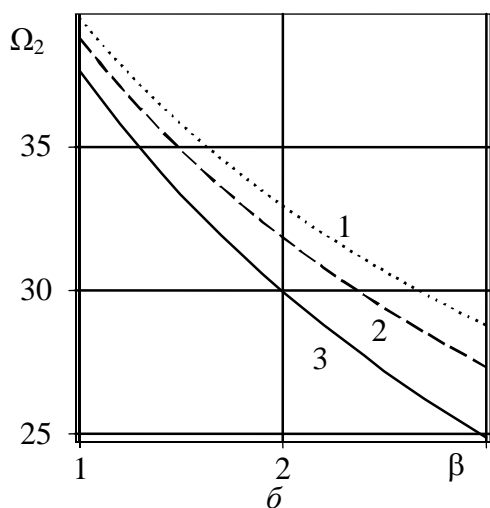
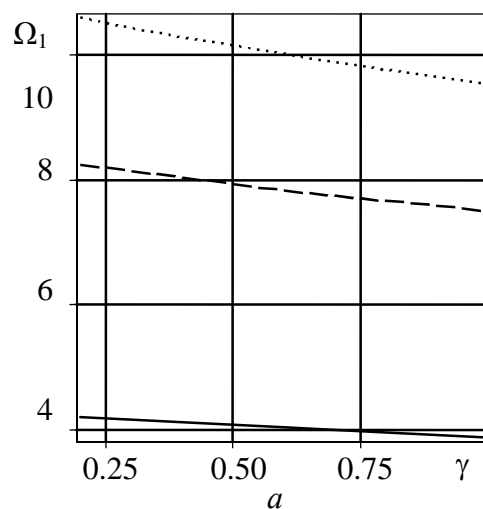
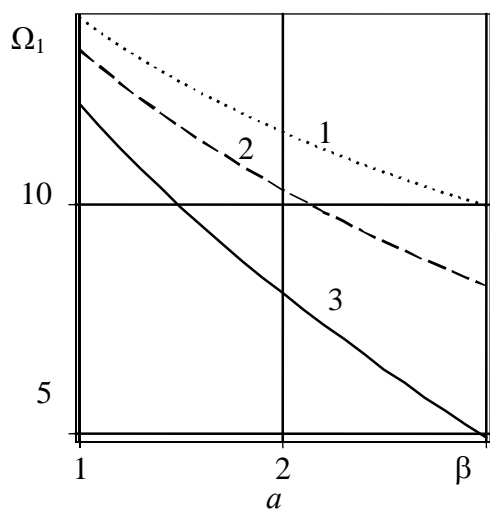


Рис. 2. Зависимости первой (фрагмент а), второй (фрагмент б), третьей (фрагмент в) собственных частот изгибных колебаний трубопровода от параметра β для $\gamma = 0.3772$ и различных значений скоростного параметра $\alpha=1; 2; 3$ (кривые 1–3 соответственно)

Рис. 3. Зависимости первой (фрагмент а), второй (фрагмент б), третьей (фрагмент в) собственных частот изгибных колебаний трубопровода от параметра γ для $\beta = 2$ и различных значений скоростного параметра $\alpha=2; 3; 4$ (кривые 1–3 соответственно)

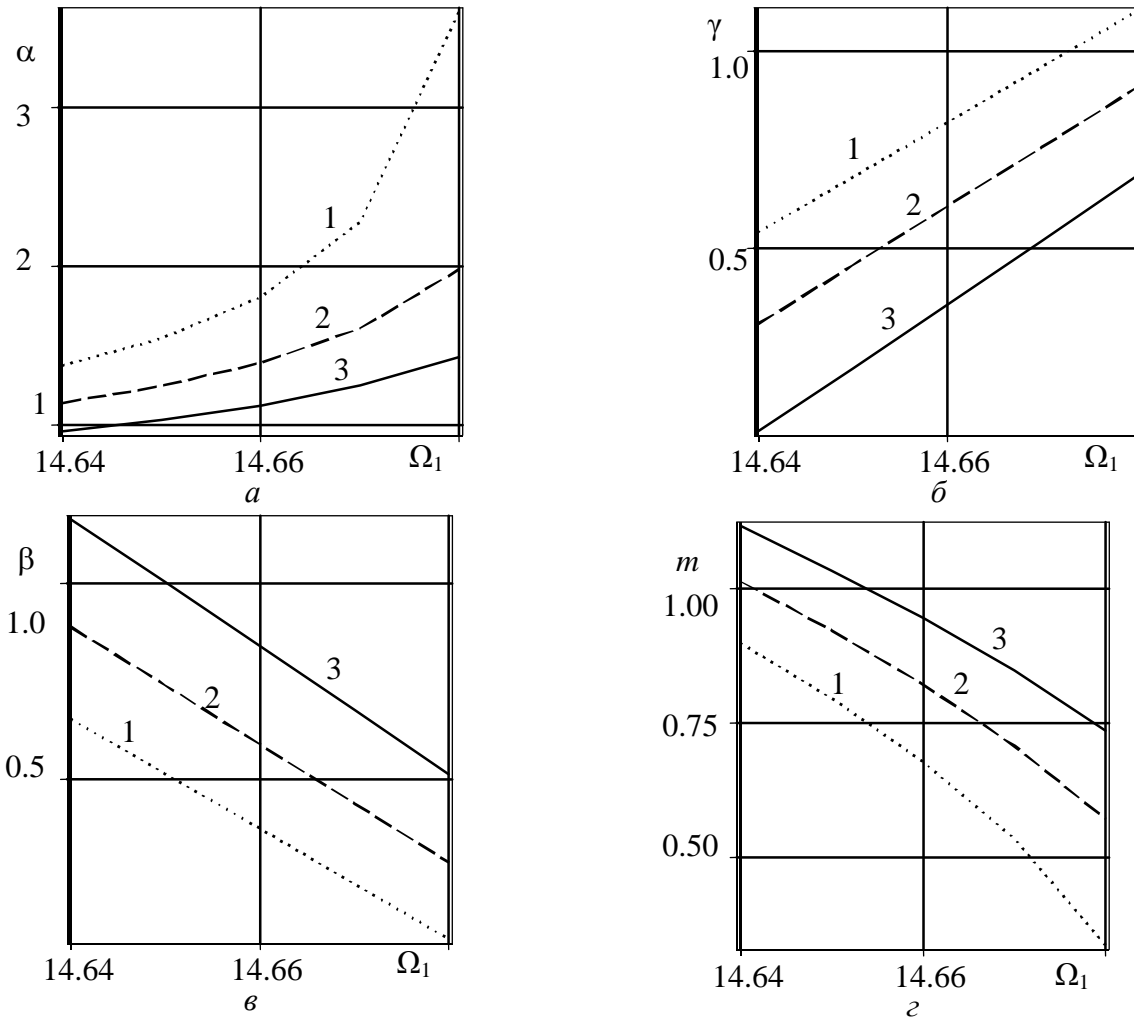


Рис. 4. Зависимости от первой частоты изгибных колебаний Ω_1 скоростного параметра α (фрагмент а), параметра β или массы трубопровода с отложениями на стенках и с жидкостью на единицу длины (фрагмент б), параметра γ или массы отложений на единицу длины (фрагмент в) и массового расхода m по трубопроводу (фрагмент г) при $\Omega_3=81$ для различных частот изгибных колебаний Ω_2 : 41.07 – кривая 1; 41.08 – 2; 41.09 – 3

Решение этой системы уравнений определяется методом последовательных приближений *в области однозначной зависимости скоростного параметра и параметров β и γ от частоты колебаний* трубопровода.

В точке $M_0(\alpha_0, \beta_0, \gamma_0)$ $D_1(\alpha_0, \beta_0, \gamma_0, \Omega_1) = u_1$, $D_2(\alpha_0, \beta_0, \gamma_0, \Omega_2) = u_2$, $D_3(\alpha_0, \beta_0, \gamma_0, \Omega_3) = u_3$, поэтому можем записать

$$\begin{cases} \frac{\partial D_1}{\partial \alpha} d\alpha + \frac{\partial D_1}{\partial \beta} d\beta + \frac{\partial D_1}{\partial \gamma} d\gamma = -u_1, \\ \frac{\partial D_2}{\partial \alpha} d\alpha + \frac{\partial D_2}{\partial \beta} d\beta + \frac{\partial D_2}{\partial \gamma} d\gamma = -u_2, \\ \frac{\partial D_3}{\partial \alpha} d\alpha + \frac{\partial D_3}{\partial \beta} d\beta + \frac{\partial D_3}{\partial \gamma} d\gamma = -u_3. \end{cases}$$

По этим формулам определяются $d\alpha$, $d\beta$ и $d\gamma$, далее $\alpha_0 = \alpha_0 + d\alpha$, $\beta_0 = \beta_0 + d\beta$, $\gamma_0 = \gamma_0 + d\gamma$. Процесс последовательных приближений продолжается до тех пор, пока не выполнится условие точности. Решение обратной задачи для трубопровода с вышеприведенными данными при $\gamma = 0.2$, $\Omega_1 = 14.6$, $\Omega_2 = 41$ ($f_1 = 3.4812$ Гц, $f_2 = 9.7761$ Гц) дает, что $\alpha = 1.08238$, $\beta = 1.00558$ ($V = 40.540$ м/с, $\rho_i = 317.918$ кг/м³). Решение обратной задачи для трубопровода с вышеприведенными данными при $\Omega_1 = 14.66$, $\Omega_2 = 41.09$, $\Omega_3 = 81$ ($f_1 = 3.481$ Гц, $f_2 = 9.797$ Гц, $f_3 = 19.313$ Гц) дает, что $\alpha = 1.12198$, $\beta = 0.84161$, $\gamma = 0.35702$ ($V = 42.023$ м/с, $\rho_i = 266.078$ кг/м³, $\rho_s = 2839.039$ кг/м³). На рис. 4 приводятся

зависимости от первой частоты изгибных колебаний Ω_1 скоростного параметра α (фрагмент *a*), параметра β или массы трубопровода с отложениями на стенках и с жидкостью на единицу длины (фрагмент *b*), параметра γ или массы отложений на единицу длины (фрагмент *b*) и массового расхода m по трубопроводу (фрагмент *c*) при $\Omega_3=81$ для различных частот изгибных колебаний Ω_2 : 41.07 – кривая 1; 41.08 – 2; 41.09 – 3. По трем частотам изгибных колебаний можно определить скоростной параметр α , параметр β или массу жидкости на единицу длины, параметр γ или массу отложений на единицу длины трубопровода и безразмерный массовый расход m жидкости по трубопроводу.

Получено, что с увеличением скоростного параметра происходит уменьшение собственных частот изгибных колебаний трубопровода. Показано, что с увеличением массы трубопровода с отложениями на стенках и с жидкостью на единицу длины происходит также уменьшение собственных частот изгибных колебаний трубы. По трем частотам изгибных колебаний можно определить скоростной параметр, массу жидкости на единицу длины, массу отложений на единицу длины трубопровода и безразмерный массовый расход жидкости по трубопроводу. Полученные результаты могут быть использованы для акустического метода определения скорости жидкости, относительной массы продукта на единицу длины трубопровода и относительной массы отложений на стенках трубопровода и массового расхода жидкости по трубопроводу.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты № 14-01-97010-поволжье_а, № 14-01-97013-поволжье_а, № 14-01-00740_а).

ЛИТЕРАТУРА

1. Акуленко Л.Д., Коровина Л.И., Нестеров С.В. Собственные колебания участка трубопровода // Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. 2011. № 1. С. 172–187.
2. Акуленко Л.Д., Иванов М.И., Коровина Л.И., Нестеров С.В. Основные свойства собственных ко-

лебаний протяженного участка трубопровода // Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. 2013. № 4. С. 119–134.

3. Хакимов А.Г. Определение плотности жидкости и внутреннего давления в трубопроводе по собственным частотам изгибных колебаний // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2014. № 1. С. 37–43.

4. Бараненко В.И., Янченко Ю.А. Эрозионно-коррозионный износ элементов трубопроводных систем на АЭС с РБМК-1000 // Теплоэнергетика. 2010. № 5. С. 26–33.

5. Мусакаев Н.Г., Уразов Р.Р., Шагапов В.Ш. Динамика образования гидратов при транспортировке природного газа // Теплофизика и аэромеханика. 2006. Т. 13, № 2. С. 295–302.

6. Вэньда В., Цийу Х., Цзунь Х., Цуань П., Цзунь Ф., Фенхуи В. Исследование отложений парафина в трубопроводах, подвергаемых сезонной чистке // Химия и технология топлив и масел. 2014. № 1 (581). С. 27–33.

7. Светлицкий В.А. Механика стержней. Т. 2. М.: Высшая школа, 1987. 304 с.

8. Mote C.D. A study of bandsaw vibrations // J. Franklin Inst. June 1965. V. 279. № 6. P. 430–444.

9. Ilgamov M.A. Static Problems of Hydroelasticity. Moscow: Nauka. Fizmatlit, 1998. 208 p.

10. Акуленко Л.Д., Георгиевский Д.В., Нестеров С.В. Спектр поперечных колебаний движущегося стержня // Известия РАН. МТТ. 2015. № 2. С. 139–144.

References

1. Akulenko L.D., Korovina L.I., Nesterov S.V. Natural vibrations of a pipeline segment. Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk, Mekhanika tverdogo tela, 2011, no. 1, pp. 172–187.

2. Akulenko L.D., Ivanov M.I., Korovina L.I., Nesterov S.V. Basic properties of natural vibrations of an extended segment of a pipeline. Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk, Mekhanika tverdogo tela, 2013, no. 4, pp. 119–134.

3. Khakimov A.G. Determination of fluid density and inner pressure in a pipeline using natural frequencies of flexural vibrations. Problemy sborna, podgotovki i transporta nefiti i nefteproduktov, 2014, no. 1, pp. 37–43.

4. Baranenko V.I., Yanchenko Yu.A. Erosion-corrosion damage in the elements of pipeline systems at the nuclear power plants with RBMK-1000 reactors. Teploenergetika, 2010, no. 5, pp. 26–33.

5. Musakaev N.G., Urazov R.R., Shagapov V.Sh. Dynamics of hydrate formation during natural gas transportation. Teplofizika i aeromekhanika, 2006, vol. 13, no. 2, pp. 295–302.

6. Wang Wenda, Huang Qiyu, Huang Jun, Pang Quan, Fu Jun, Wang Fenghui. Study of paraffin wax deposition in seasonally pigged pipelines. Khimiya i tekhnologiya topliv i masel, 2014, no. 1 (581), pp. 27–33.

7. Svetlitskiy V.A. Mechanics of rods. Vol. 2. Moscow, Vysshaya shkola, 1987. 304 p.

8. Mote C.D. A study of bandsaw vibrations. J. Franklin Inst., 1965, vol. 279, no. 6, pp. 430–444.

9. Ilgamov M.A. Static problems of hydroelasticity. Moscow, Nauka, Fizmatlit, 1998. 208 p.

10. Akulenko L.D., Georgievskiy D.V., Nesterov S.V. Transverse vibration spectrum of a part of a moving rod under a longitudinal load. Izvestiya RAN, MTT, 2015, no. 2, pp. 139–144.



MASS FLOW RATE AND DEPOSIT THICKNESS DETECTION IN PIPES USING NATURAL FREQUENCIES OF FLEXURAL VIBRATIONS

© A.G. Khakimov

Mavlyutov Institute of Mechanics, Ufa Scientific Centre, RAS,
71, prospekt Oktyabrya, 450054, Ufa, Russian Federation

The process of uniform corrosion in pipes is responsible for the reduction in the thickness of their metal walls and increase in the thickness of corrosion products covering the inner surface. The erosion-corrosion wear mechanism is characterized by the fact that deposition of corrosion products in some of their portions occurs simultaneously with wall thinning in the others. Corrosion products can also be left at the corroded site. The paper considers a pipe that has corrosion products on its inner walls and is filled with fluid under pressure. The corrosion products are supposed to be evenly distributed over the pipe inner surface, with the constant longitudinal force acting along the neutral line. The pipe clamped at both ends is affected by pressure and expansion force and has corrosion products on its walls. Consideration is given to natural frequencies of flexural vibrations in this pipe filled with moving fluid. The author uses the equation of flexural vibrations in a pipe according to the Kirchhoff's model and boundary conditions for a pipe clamped at both ends. The Ferrari's formulae help determine the wave numbers, and the frequency equation is found from the boundary conditions. The primal problem is solved to calculate natural frequencies of flexural vibrations in the pipe. It is revealed that an increase in the flow velocity parameter as well as in the mass of corrosion products per unitlength results in smaller natural frequencies of pipe flexural vibrations. Besides, the inverse problem is solved. Using the three lower frequencies of flexural vibrations the author finds the velocity parameter, relative product mass per unit length of the pipe, relative deposit mass on the pipe walls and consequently the mass flow rate along the pipe. The investigation outcomes can be applied in the acoustic procedure to determine the fluid flow velocity, relative product mass per unit length of the pipe and relative deposit mass on the pipe walls as well as the mass flow rate along the pipe.

Key words: pipe, flexural vibrations, natural frequencies, velocity, wall deposits, primal and inverse problems.

УДК 661.42.678.7

ПРИМЕНЕНИЕ ФЛОКУЛЯНТОВ ДЛЯ УСКОРЕНИЯ ПРОЦЕССА ОТСТАИВАНИЯ ТВЕРДОЙ ЧАСТИ ДИСТИЛЛЕРНОЙ СУСПЕНЗИИ – ОТХОДА СОДОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

© М.Х. Курбангалеева, Л.Р. Пергушова, А.А. Хасанова

Изучено влияние высокомолекулярных флокулянтов на ускорение процесса отстаивания твердой части дистиллерной суспензии. Проведены лабораторные испытания с целью сравнительного анализа различных флокулянтов на процесс осаждения твердой части дистиллерной суспензии. Для опытов использовали следующие флокулянты: Праестол, ВПК-402, Флопам, Besfloc K.

В лабораторных опытах использовали 1%-е растворы флокулянтов, которые в дальнейшем разбавляли до нужной концентрации. По результатам лабораторных испытаний было показано, что действие флокулянтов на ускорение процесса отстаивания твердой части дистиллерной суспензии различно.

Таким образом, установлено, что применения флокулянтов можно рекомендовать для интенсификации процесса разделения твердой части дистиллерной суспензии – основного отхода производства кальцинированной соды.

Ключевые слова: содовое производство, основной отход, дистиллерная суспензия, флокулянт.

Производство кальцинированной соды аммиачным способом характеризуется низкой степенью использования сырья, в частности основного его вида – хлорида натрия (степень использования натрия в производственных условиях не превышает 75%). Основным отходом производства кальцинированной соды является дистиллерная суспензия, образующаяся в количестве 9.8–10 м³ при производстве одной тонны соды [1, 2].

В настоящее время предприятия по производству кальцинированной соды используют недостаточно эффективный способ очистки стоков, а именно – процесс осаждения с использованием шламонакопителей, так называемых «Белые моря», которые занимают сотни гектаров земельных угодий. Ежегодное сбрасывание дистиллерной суспензии в шламонакопители приводит к их заполнению до критических отметок, что приводит к дальнейшему наращиванию дамб, что является вынужденной мерой.

Основным способом снижения количества хлоридных отходов содового производства является их переработка с получением товарных продуктов. В настоящее время существуют следующие направления в решении проблемы утилизации отходов: получение из дистиллерной жидкости хлоридов кальция и натрия; применение дистиллерной жидкости в нефтегазодобывающей промышленности; использование шлама для получения мелиоранта, гидроксида кальция, бесцементного вяжущего и других продуктов. Однако расширение объемов такого способа переработки дистиллерной суспензии сдерживается ограниченным потреблением данных продуктов в народном хозяйстве.

Одним из эффективных способов решения этой проблемы является фильтрация дистиллерной суспензии, в результате которой образуется осветленная фазами твердая часть (кек). Станции отделения фильтрации дистиллерной суспензии позволяют осуществлять

КУРБАНГАЛЕЕВА Милауша Хизбуловна – к.т.н., Уфимский государственный нефтяной технический университет, e-mail: mhk2014@bk.ru

ПЕРГУШОВА Лилия Рафаэлевна – к.т.н., Уфимский государственный нефтяной технический университет, e-mail: mhk2014@bk.ru

ХАСАНОВА Айсылу Агьямовна, Уфимский государственный нефтяной технический университет, e-mail: mhk2014@bk.ru

Влияние концентрации флокулянтов на высоту осветленного слоя суспензии, мм (без добавки – 60 мм)

Наименование флокулянта	Высота осветленного слоя, мм						
	Концентрация флокулянта, % масс.						
	0.0001	0.0002	0.0003	0.0004	0.0005	0.0006	0.0007
Праестол	84	110	115	120	104	90	80
ВПК-402	52	70	82	90	72	60	50
Флопам 956VHM	100	128	130	150	110	100	93
BesflocK4045	95	100	110	130	95	93	90

процесс фильтрации данной суспензии, что в 30 раз снизит содержание в ней твердой фазы, направляемой в шламонакопитель.

Проблема разделения производственных суспензий имеет большое значение для содовой промышленности. Наиболее медленной стадией процесса разделения твердой фазы от осветленной части дистиллерной суспензии является отстаивание твердой части. Характер осаждения твердых частиц суспензии является свободным и совместным. При свободном осаждении каждая частица падает со скоростью, зависящей от ее размера. Поэтому при свободном отстаивании не наблюдается четкой границы между осветленной жидкостью и суспензией. Так как в составе суспензии обычно находятся очень мелкие частицы, осветленная жидкость долгое время остается мутной.

Для интенсификации процессов разделения шламовой суспензии в последнее время широко используют высокомолекулярные флокулянты. Большинство высокомолекулярных флокулянтов представлены в виде полиэлектролитов, диссоциирующих в воде на ионы. Так, авторами [3] был исследован процесс ускорения разделения дистиллерной суспензии в производстве жидкого хлористого кальция с использованием синтетических водорастворимых полимеров К-4, К-6, К-8. Также в работе [4] рассмотрен процесс разделения производственных суспензий с использованием полиакриламида. Показано, что в присутствии полиакриламида происходит почти мгновенное образование хлопьев, быстрое отстаивание и хорошее уплотнение шлама.

Нами представлены результаты испытаний процесса разделения дистиллерной суспензии с использованием следующих флокулянтов:

– Праестол (высокомолекулярный электролит анионной активности на основе акриламида анионного сомономера);

– ВПК-402 (синтетический органический высокомолекулярный катионный водорастворимый полимер линейно-циклической структуры, получаемый путем радикальной полимеризации мономера диметилдиаллиаммонийхлорида);

– Флопам AN 956 VHM (анионный полиакриламидный флокулянт);

– BesflocK4045, К 6591 (анионный флокулянт высокомолекулярный с высокой плотностью заряда).

Для опытов, проводимых в лабораторных условиях, использовали дистиллерную суспензию АО «БСК», а также приготовили 1%-е растворы флокулянтов, разбавленные осветленной частью дистиллерной суспензии до нужной концентрации.

Опыты проводили следующим образом: 250 мл дистиллерной суспензии вносили в реакционную колбу, добавляли расчетное количество полимера, перемешивали содержимое в течение 5 мин, затем переносили в градуированный цилиндр и наблюдали скорость разделения. Время осаждения – 30 мин. Результаты исследований представлены в таблице.

Как видно из приведенных данных, при различных концентрациях флокулянтов интенсификация процесса разделения твердой части дистиллерной суспензии за одинаковый промежуток времени различна. Так, отмечено, что седиментация возрастает с увеличением концентрации флокулянтов и максимальная величина достигается при концентрации 0.0003–0.0004% масс. При этом про-

исходит бурная флокуляция с очень быстрым осветлением суспензии. Явление быстрой флокуляции объясняется образованием крупных, не связанных между собой агрегатов с высокой скоростью седиментации. И наилучший результат из приведенных сополимеров показали флокулянты Флопам АН 956 VHM и BesflocK4045. Также следует отметить высокую разделяющую способность в первые минуты отстаивания.

Совокупность приведенных данных дает возможность предположить возможный механизм флокуляции дистиллерной суспензии флокулянтами. Процесс происходит, очевидно, в две стадии: адсорбция добавки частицами дисперсной фазы и седиментация образованных вследствие адсорбции флокул.

При производстве хлористого кальция большое значение имеет прозрачность осветленной дистиллерной жидкости, так она поступает на упаривание в вакуум-выпарные аппараты и избыточное количества взвесей в осветленной части приводит к засорению греющих поверхностей аппарата, снижая его производительность. О мутности судили по величине плотности раствора, измеренной на фотоколориметре. Результаты исследований показали, что наилучшая концентрация флокулянтов Праестола, Флопам АН 956 VHM и BesflocK4045 составила 0.0004% масс.

Таким образом, применение флокулянтов Флопам АН 956 VHM, BesflocK4045, Праестол можно рекомендовать для внедрения в производство.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шокин И.Н., Крашенинников С.А. Технология соды. М., 1975. 287 с.
2. Ткач Г.А., Шаповрев В.П., Титов В.М. Производство соды по малоотходной технологии. Харьков, 1998. 429 с.
3. Посторонко А.И. Влияние полиэлектролитов на разделение суспензии при очистке природных рассолов // Наукові праці ДонНТУ, серія: Хімія і хімічна технологія. 2003. Вып. 61. С. 58–61.
4. Шрайбман С.С., Фурман А.А., Сыркина И.Г. // Вестник технической и экономической информации: НИИТЭХИМ. 1960. № 10. С. 22–24.

References

1. Shokhin I.N., Krashennnikov S.A. Sodium technology. Training manual. Moscow, Khimiya, 1975. 287 p.
2. Tkach G.A., Shaporev V.P., Titov V.M. Sodium production using low-waste technology: Kharkov, 1998. 429 p.
3. Postoronko A.I., Popov V.V., Lebedev A.T., Gayvoronskiy V.F. The effect of polyelectrolytes on separating suspension during natural brine treatment. Naukovi pratsi DonGU, seriya Khimiya i khimichna tekhnologiya, 2003, nissue 61, pp. 58–61.
4. Shraybman S.S., Furman A.A., Syrkina I.G. In: Vestnik tekhnicheskoy i ekonomicheskoy informatsii, NIITEKHIM, 1960, no. 10, pp. 22–24.

APPLICATION OF FLOCCULANTS TO ACCELERATE THE PROCESS OF SETTLING SUSPENDED SOLIDS IN DISTILLATION WASTEWATER FROM SODIUM PRODUCTION

© **M.Kh. Kurbangaleeva, L.R. Pergushova, A.A. Khasanova**

Sterlitamak Branch, Ufa State Petroleum Technological University,
2, prospekt Oktyabrya, 453118, Sterlitamak, Russian Federation

The research deals with the effect of high-molecular flocculants on the acceleration rate of the process of settling suspended solids in distillation wastewater. Laboratory tests were aimed at comparing the effect of different flocculants (Praestol, VPK-402, Flopam, Besfloc K) on the process in question.

In the tests, 1% solutions of flocculants were used with further dilution to the necessary concentration. According to the results of the laboratory experiments, the flocculants were shown to affect the acceleration rate of the process of settling suspended solids in distillation wastewater in different ways.

Thus, it was determined that these flocculants can be recommended for intensifying the separation of suspended solids from distillation wastewater in the production of sodium carbonate.

Key words: sodium production, major waste, distillation of suspended particles, flocculants.

ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА ВНЕКЛЕТОЧНОЙ ХИТОЗАНАЗЫ НОВЫМ ХИТОЗАН-ДЕГРАДИРУЮЩИМ ШТАММОМ *Penicillium glabrum* IB-37-2-4.0-A

© Г.А. Терегулова, Н.Ф. Галимзянова, Г.Э. Актуганов

Из образца выщелоченного чернозема выделен новый штамм микромицета *Penicillium* sp., активно гидролизующий хитозан со степенью деацетилирования 80–85% при pH 4.0 и 37°C. Предварительная идентификация гриба на основе культурально-морфологических признаков позволила отнести его к виду *P. glabrum*. Выделенный штамм быстрее рос и проявлял более высокую гидролитическую активность на среде с хитозаном, чем на среде с хитином. Интенсивная аэрация питательной среды являлась необходимым условием продукции хитозаназы грибом при его глубинном культивировании. Высокий уровень продуктивности *P. glabrum* наблюдался при использовании как хитозана, так и крабового хитина в качестве основного источника углерода. Активность хитозаназы в среде, наблюдаемая после 10 суток культивирования, достигала 2.5 ед/мл. Оптимум роста гриба находился в диапазоне pH 3.0–6.0, тогда как наиболее высокий выход фермента наблюдался при pH 5.0–7.0. Представленные результаты показывают перспективность *P. glabrum* для биотехнологического получения высокоактивных препаратов микробных хитозаназ.

Ключевые слова: хитозан, хитозаназа, хитиназа, *Penicillium glabrum*.

Хитозан – линейный полисахарид, состоящий из остатков D-глюкозамина (GlcN) и N-ацетил-D-глюкозамина (GlcNAc), соединенных β-1,4-гликозидными связями. Относительное содержание GlcN в хитозане обычно составляет 80–85%, при этом остатки обоих сахаров произвольно располагаются в молекуле полимера, не образуя каких-либо регулярных участков [1]. В природе хитозан встречается в основном в качестве структурного компонента клеточных стенок грибов класса *Zygomycetes*; кроме того, хитозан представлен в составе клеточной стенки зеленых водорослей *Chlorella* sp. и кутикуле насекомых [2]. Особенности структуры хитозана обуславливают уникальную функциональную активность этого полисахарида. Помимо высокой сорбционной способности и разнообразной биологической активности, хитозан характеризуется низкой токсичностью, биосовместимостью с тканями человека и безопасностью для окружающей среды, поскольку достаточно легко деградируется фермента-

ми различных организмов [3]. Хитозан-деградирующие ферменты представляют интерес в связи с большим разнообразием областей их потенциального биотехнологического применения [2]. Широкое применение хитозаназ ограничивается их себестоимостью, поэтому в настоящее время многие исследования направлены на поиск новых микробных продуцентов этих ферментов, улучшение их продуктивности, оптимизацию и удешевление процесса ферментации. Другой важной проблемой является поиск природных и получение генно-инженерных ферментов, чьи физико-химические и каталитические характеристики оптимальны для получения целевых функциональных хитоолигосахаридов в промышленных условиях [4–5]. К настоящему времени изучено значительное количество бактериальных хитозаназ, в основном среди представителей *Bacillus* и *Streptomyces*. По сравнению с бактериями, исследования грибных хитозаназ довольно немногочисленны. В частности, изучены хитозаназы отдель-

ТЕРЕГУЛОВА Гюльнара Анваровна, Уфимский институт биологии РАН, e-mail: tereguli@mail.ru

ГАЛИМЗЯНОВА Наиля Фауатовна – к.б.н., Уфимский институт биологии РАН, e-mail: galnailya@yandex.ru

АКТУГАНОВ Глеб Эдуардович – к.б.н., Уфимский институт биологии РАН, e-mail: gleakt@anrb.ru

ных представителей *Aspergillus* sp., *Gongronella* sp., *Trichoderma* sp. [2]. У целлюлолитических видов *Trichoderma viride* и *T. reesei* способность к гидролизу хитозана показывают ферменты целлюлазного комплекса. Хитозаназа функционирует в качестве внутриклеточного фермента у муконовых грибов, содержащих хитозан в клеточной стенке. Синтез хитозаназ представителями *Penicillium* изучен в меньшей степени, несмотря на то, что одна из первых грибных хитозаназ была охарактеризована у вида *P. islandicum* [6].

Цель настоящей работы состояла в изучении особенностей синтеза внеклеточной хитозаназы новым хитозан-разрушающим штаммом вида *Penicillium glabrum*, выделенным в результате направленного скрининга.

Объекты и методы исследований.

Объектом исследований являлся гриб *P. glabrum* (Wehmer) Westling, выделенный из образца выщелоченного чернозема, на среде с 0.5% хитозана при pH 4.0 и 37°C. Идентификацию изолята проводили на основе оценки культурально-морфологических признаков [7]. Культуру поддерживали ежемесячными пересевами на картофельно-глюкозном агаре и агаризованной среде следующего состава (г/л): K_2HPO_4 , 1,0; $K_2HPO_4 \cdot 3H_2O$, 0,5; $(NH_4)_2HPO_4$, 0,5; KNO_3 , 0,5; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 0,2; пептон ферментативный, 3,0; дрожжевой экстракт, 3,0; кукурузный экстракт, 1,0; хитозан, 5,0; агар, 16,0. Для оценки уровня активности *P. glabrum* культивировали в жидкой среде того же состава, в качестве источника углерода использовали 0.5% (в/о) хитозана или 1% (в/о) коллоидного хитина из панцирей краба. Ферментацию проводили в колбах в течение 7 суток при 28°C и 220 об/мин на шейкере-инкубаторе Innova 40R. Для оценки влияния начального pH на активность и рост штамма питательную среду титровали стерильными 0.4 М растворами HCl или NaOH. Количественную оценку хитозаназной активности проводили следующим образом. К 1 мл раствора фермента в фосфатно-цитратном буфере (50 мМ, pH 4.0) добавляли 0.5 мл раствора хитозана (5 мг/мл). Смесь инкубировали 1 ч при 50°C, затем центрифугировали

4 мин при 10 тыс. об/мин, в 1 мл надосадочной жидкости определяли концентрацию восстанавливающих сахаров феррицианидным методом [8]. За единицу активности принимали количество фермента, катализирующее образование 1 мкМ-экв D-глюкозамина в 1 мл реакционной смеси за 1 мин при описанных условиях. Рост гриба оценивали по выходу сухой биомассы на объем среды после процедур фильтрации и высушивания при 105°C до постоянного значения сухого веса.

В работе использовали коммерческий хитозан со степенью деацетилирования ~ 85% («Sigma», США). Для получения 0.5%-го (в/о) раствора 1 г хитозана растворяли в 100 мл 0.1 М соляной кислоты (х/ч) при 45–50°C, полученный раствор титровали 0.1 М NaOH до pH~6.0, после чего доводили объем раствора до 200 мл дистиллированной водой. Полученный раствор использовали в дальнейшей работе. Коллоидный хитин готовили из измельченного (1–2 мм) крабового хитина (ЗАО «Биопрогресс») по модифицированной методике [9].

Эксперименты проводили в трехкратной повторности, статистическую обработку осуществляли с помощью программы ORIGIN SRO 7.0 (версия 7.0220 (B220), OriginLab Corp.). Достоверными считали различия между сравниваемыми выборками при $p < 0.05$.

Результаты и их обсуждение. Исследуемый штамм *Penicillium* sp. IB-37-2-4.0-A_CHTZ был селективно выделен из образца чернозема на среде с хитозаном в большой группе хитозан-разрушающих пенициллов при pH 4.0 и 37°C (рис. 1, а). Отобранный изолят быстро развивался и показывал гидролитическую активность в отношении хитозана на агаризованной среде при 28°C (рис. 1, б). По совокупности макро- и микроскопических характеристик выделенный гриб был предварительно идентифицирован как *Penicillium glabrum* (Wehmer) Westling (текущее название согласно Index Fungorum). На плотных средах с хитозаном, хитином, а также на картофельно-глюкозном агаре (КГА) гриб формировал умеренно опушенные округлые колонии среднего и крупного размера с мице-

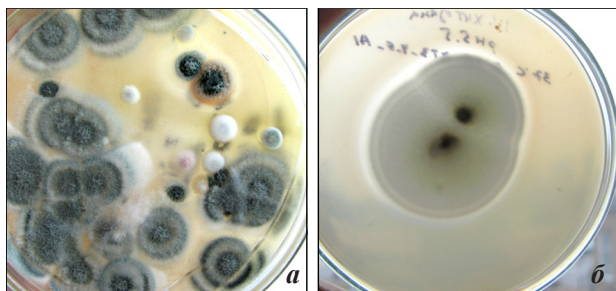


Рис. 1. *a* – почвенные микромицеты, развивающиеся на среде с 0.5% хитозана (рН 4.0) к 12-м суткам инкубации (37°C); *б* – рост и гидролитическая активность чистой культуры *Penicillium* sp. IB-37-2-4.0-A_CHTZ на среде с 0.5% хитозана (рН 4.0) после 48 ч культивирования (28°C)

лием серовато-оливкового цвета без интенсивного пигментообразования (рис. 1). В отличие от многих почвенных грибов и бактерий, у которых хитозаназная активность обычно является вторичной или сопутствующей, определяемой в т.ч. широкой специфичностью внеклеточных хитиназ, штамм *P. glabrum* хуже развивался на агаризованной среде с коллоидным хитином и существенно слабее гидролизывал его по сравнению с хитозаном. Этот факт свидетельствует об особенностях внеклеточного ферментного комплекса выделенного гриба, определяющих его преимущественную специализацию в использовании хитозан-содержащих субстратов. При глубинном культивировании исследуемый штамм также плохо гидролизывал хитин, показывая в то же время интенсивный рост и продуцируя значительные количества хитозаназы. Наряду с хитином хитозан также представлял собой удобный источник углерода, в присутствии которого продуктивность *P. glabrum* была наиболее высокой (данные не показаны). Для различных грибов отмечена способность к продукции хитозаназы при включении в среду хитин-содержащих субстратов, источники и степень обработки которых могут быть весьма разнообразны. Например, новый штамм хитозан-разрушающего гриба *Penicillium janthinellum* D4, выделенный из почвы, проявлял наиболее высокую активность в присутствии гладиуса кальмара, измельченного до порошкообразного состояния [10]. Наибольшее увеличение продукции хи-

тозаназы грибом наблюдалось между вторыми и шестыми сутками культивирования, достигая максимума к 8-м суткам, хотя более длительная ферментация могла сопровождаться дальнейшим увеличением концентрации хитозаназы в среде при снижении выхода массы сухого мицелия (рис. 2). Критическим фактором, определяющим уровень синтеза хитозаназы в жидкой культуре гриба, являлась интенсивность аэрации питательной среды. В статической культуре, при естественном доступе воздуха, активность *P. glabrum* практически не обнаруживалась, тогда как в условиях принудительной аэрации продукция хитозаназы значительно возрастала

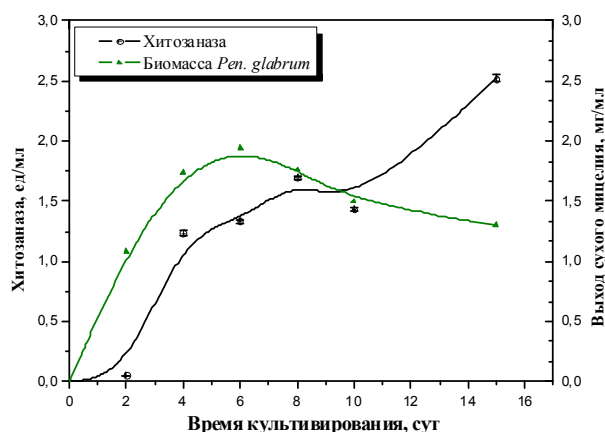


Рис. 2. Динамика роста *Penicillium glabrum* и биосинтеза хитозаназы при глубинном культивировании (28°C, 250 об/мин) в среде с 1% коллоидного хитина (рН 6.0–6.5)

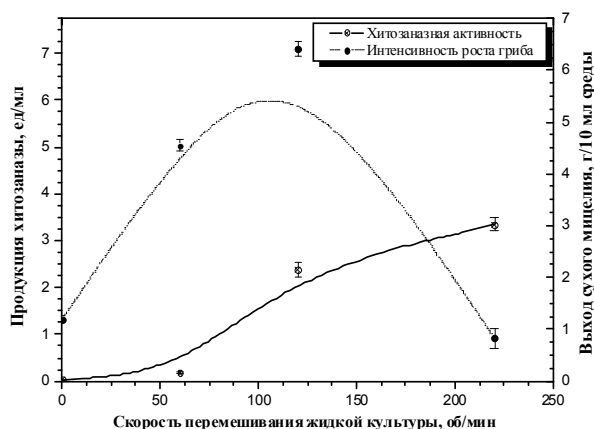


Рис. 3. Влияние степени аэрации на синтез хитозаназы и рост *Penicillium* sp. IB-37-2-4.0-A_CHTZ при культивировании в жидкой среде с 2% коллоидного хитина (28°C, 96 ч)

с увеличением степени перемешивания среды. Дальнейшее увеличение интенсивности аэрации культуры приводило к резкому снижению роста гриба (рис. 3). Максимальный рост *P. glabrum* наблюдался при pH 4.0 с сохранением достаточно высоких показателей в диапазоне pH 3.5–5.0, в дальнейшем существенно снижаясь. Зависимость продукции фермента грибом от pH не была такой очевидной, однако так же резко снижалась практически до нуля при pH 8.0, что указывает на широкий интервал активности *P. glabrum* в кислой области до pH 7.0 (рис. 4). Коллоидный хитин оказывал существенное влияние на синтез хитозаназы при концентрациях до 0.4% масс. (с/в), при этом дальнейшее увеличение его содержания в среде не было эффективным с точки зрения соразмерного возрастания ферментативной активности гриба (рис. 5).

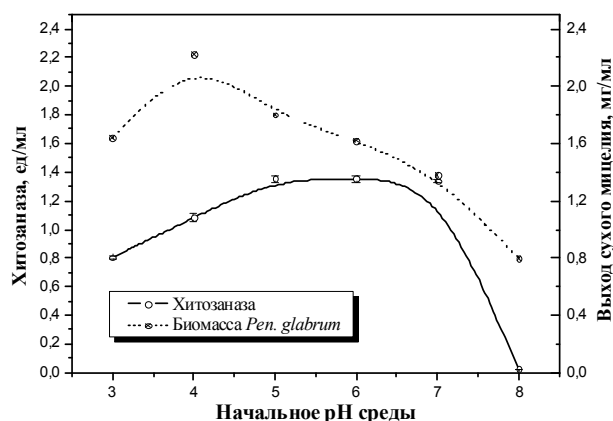


Рис. 4. Влияние pH в среде с 0.20% коллоидного хитина на рост и синтез хитозаназы *P. glabrum* после 6 суток культивирования (220 об/мин, 28°C)

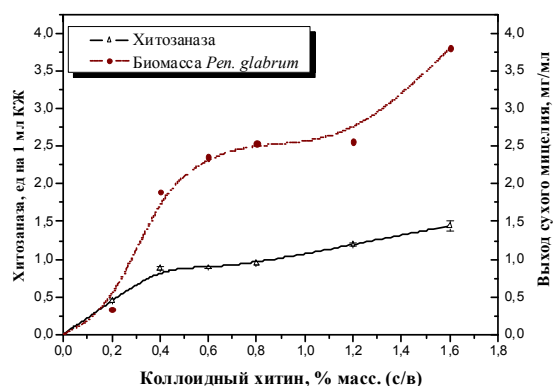


Рис. 5. Влияние концентрации коллоидного хитина в питательной среде (pH 5.5–6.0) на рост и активность *P. glabrum* после 5 суток культивирования (220 об/мин, 28°C)

Полученные результаты показывают перспективность штамма *P. glabrum* IB-37-2-4.0-A для биотехнологического получения хитозаназы, поскольку быстрый рост и высокая активность гриба, достигаемые при его культивировании, сравнимы с продуктивностью промышленных штаммов грибов рода *Trichoderma*, в т.ч. относящихся к целлюлотическим штаммам *T. reesei* и *T. viride*, и превышают показатели других известных представителей пенициллов [10]. Новый штамм удобен также с точки зрения условий культивирования, в т.ч. возможности использовать низкие значения pH питательной среды (меньшая вероятность бактериальной контаминации и стабильность ферментной системы), необходимости дополнительной аэрации культуры для высокого выхода фермента, что делает возможным выращивание гриба в ферментере при достаточно интенсивном перемешивании. Наконец, еще одним преимуществом *P. glabrum* является его способность к продукции хитозаназы в присутствии более дешевых хитин-содержащих субстратов, в т.ч. при повторном использовании не утилизованных субстратов, остающихся после предыдущих циклов ферментации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Synowiecki J., Ali Al-Khateeb N. Production, properties, and some applications of chitin and its derivatives // *Critical Reviews in Food Sci. Nutr.* 2003. V. 43. N 2. P. 145–171.
2. Thadathil N., Velappan S.P. Recent developments in chitosanase research and its biotechnological applications: A review // *Food Chemistry.* 2014. V. 150. P. 392–399.
3. Kean T., Thanou M. Biodegradation, biodistribution and toxicity of chitosan // *Advanced Drug Deliv. Rev.* 2010. V. 62. P. 3–11.
4. Dubeau M.P., Guay I., Brzezinski R. Modification of genetic regulation of a heterologous chitosanase gene in *Streptomyces lividans* TK24 leads to chitosanase production in the absence of chitosan // *Microbial Cell Factories.* 2011. V. 10. P. 1–10.
5. Pechsrichuang P., Yoohat K., Yamabhai M. Production of recombinant *Bacillus subtilis* chitosanase, suitable for biosynthesis of chitosan-oligosaccharides // *Bioresource Technol.* 2013. V. 127. P. 407–414.

6. Fenton D.M., Eveleigh D.E. Purification and mode of action of a chitosanase from *Penicillium islandicum* // J. Gen. Microbiol. 1981. Vol. 126. P. 151–165.

7. Raper B., Thom C. A manual of Penicillia. New-York; London: Hafner Publishing Co, 1968. 875 p.

8. Imoto T., Yagishita K. A simple activity measurement of lysozyme // Agric. Biol. Chem. 1971. V. 35. P. 1154–1156.

9. Rodriguez-Kabana R., Godoy G., Morgan-Jones G., Shelby R. The determination of soil chitinase activity: conditions for assay and ecological studies // Plant and Soil. 1983. V. 75. P. 95–106.

10. Nguyen A.D., Huang C.-C., Liang T.-W., Nguyen V.B., Pan P.-S., Wang S.-L. Production and purification of a fungal chitosanase and chitoooligomers from *Penicillium janthinellum* D4 and discovery of the enzyme activators // Carbohydrate Polymers. 2014. V. 108. P. 331–337.

3. Kean T., Thanou M. Biodegradation, biodistribution and toxicity of chitosan. Advanced Drug Deliv. Rev., 2010, vol. 62, pp. 3–11.

4. Dubeau M.P., Guay I., Brzezinski R. Modification of genetic regulation of a heterologous chitosanase gene in *Streptomyces lividans* TK24 leads to chitosanase production in the absence of chitosan. Microbial Cell Factories, 2011, vol. 10, pp. 1–10.

5. Pechsrichuang P., Yoochat K., Yamabhai M. Production of recombinant *Bacillus subtilis* chitosanase, suitable for biosynthesis of chitosan-oligosaccharides. Bioresource Technol., 2013, vol. 127, pp. 407–414.

6. Fenton D.M., Eveleigh D.E. Purification and mode of action of a chitosanase from *Penicillium islandicum*. J. Gen. Microbiol., 1981, vol. 126, pp. 151–165.

7. Raper B., Thom C. A manual of Penicillia. New-York, London, Hafner Publishing Co, 1968. 875 p.

8. Imoto T., Yagishita K. A simple activity measurement of lysozyme. Agric. Biol. Chem., 1971, vol. 35, pp. 1154–1156.

9. Rodriguez-Kabana R., Godoy G., Morgan-Jones G., Shelby R. The determination of soil chitinase activity: conditions for assay and ecological studies. Plant and Soil, 1983, vol. 75, pp. 95–106.

10. Nguyen A.D., Huang C.-C., Liang T.-W., Nguyen V.B., Pan P.-S., Wang S.-L. Production and purification of a fungal chitosanase and chitoooligomers from *Penicillium janthinellum* D4 and discovery of the enzyme activators. Carbohydrate Polymers, 2014, vol. 108, pp. 331–337.

References

1. Synowiecki J., Ali Al-Khateeb N. Production, properties, and some applications of chitin and its derivatives. Critical Reviews in Food Sci. Nutr., 2003, vol. 43, no. 2, pp. 145–171.

2. Thadathil N., Velappan S.P. Recent developments in chitosanase research and its biotechnological applications: A review. Food Chemistry, 2014, vol. 150, pp. 392–399.

PECULIAR CHARACTERISTICS OF EXTRACELLULAR CHITOSANASE PRODUCTION BY A NEW CHITOSAN-DEGRADING STRAIN OF *Penicillium glabrum* IB-37-2-4.0-A

© G.A. Teregulova, N.F. Galimzyanova, G.E. Aktuganov

Ufa Institute of Biology, RAS,
69, prospekt Oktyabrya, 450054, Ufa, Russian Federation

A new *Penicillium* sp. strain able to actively hydrolyze chitosan with the deacetylation degree of 80–85% at pH 4.0 and 37°C was isolated from leached chernozem. Preliminary analysis of the fungus on the basis of its culture-morphological features allowed its identification as *P. glabrum*. This newly isolated strain grew more rapidly and displayed higher hydrolytic activity on chitosan-containing medium compared to chitin-containing one. Intense aeration of the nutrient medium was a necessary condition for chitosanase production by the fungus during its submerged cultivation. High-level productivity of *P. glabrum* was observed both in the presence of chitosan and crab shell chitin as the major carbon source. The chitosanase accumulation recorded in medium after 10 days of cultivation reached 2.5 u/ml. The fungal growth optimum fell in the pH range 3.0 to 6.0, whereas the highest enzyme recovery was observed at pH values between 5.0 and 7.0. The results reported in this article show that *P. glabrum* has promise for biotechnological production of highly-active chitosanase preparations.

Key words: chitosan, chitosanase, chitinase, *Penicillium glabrum*.

УДК 547.4:595.14 (470.64)

**ВИДОВОЙ СОСТАВ, ЛАНДШАФТНОЕ И БИОТОПИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ
ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ (OLIGOSCHAETA, LUMBRICIDAE)
АЛЬПИЙСКОГО ПОЯСА ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА**

© И.Б. Рапопорт

Исследована зависимость видового состава и показателей обилия дождевых червей от расположения стадий обитания на различных элементах макрорельефа. Показано, что в высокогорных экосистемах более значима локализация биотопа на элювиальных позициях, чем абсолютная высота местности. На возвышенных участках, где выше радиационный баланс и продолжительней безморозный период, люмбрициды имеют большую численность по сравнению с обитателями речных долин. Для вогнутых и отрицательных форм рельефа характерно явление температурной инверсии, численность дождевых червей под действием которой снижается, еще более усугубляет ситуацию давление перевыпаса. Важное значение имеет стратификация хребтов относительно основных потоков переноса влаги, которая поступает в основном с западной стороны. Рассмотрены показатели обилия люмбрицид в различных типах растительных сообществ.

Ключевые слова: дождевые черви, фауна, экология, ландшафтное распределение, Центральный Кавказ.

Большой Кавказ – сложная горная система, осевую часть которой составляют два хребта – Главный (Водораздельный) и Боковой. Параллельно основным хребтам расположены Скалистый и Меловой. Границей Центрального Кавказа считаются сечения, проходящие через Эльбрус и Казбек [1]. По классификации Соколова, Темботова [2], Центральный Кавказ относится к восточно-северокавказскому (полупустынному) типу поясности, сформированному под влиянием полупустынной широтной зоны. В пределах Центрального Кавказа восточно-северокавказский тип объединяет эльбрусский и терский варианты, граница между которыми проходит по линии Дыхтау – Каракая – нижнее течение реки Баксан. Альпийский пояс расположен в пределах высот 2500–3500 м над ур. м., на днищах ущелий с 2200–2300 м над ур. м. Среднегодовая сумма осадков, выпадающих преимущественно в виде снега, превышает 1000 мм [1, 2]. Гидротермический коэффициент составляет 2.0 – увлажнение избыточное. Продолжительность безморозного периода – менее 80 дней.

Сведения о распространении дождевых червей в альпийском поясе имеются для Закавказья, отрывочные – для Северо-Восточного и Северо-Западного Кавказа [3–6]. Целью нашей работы являлось выяснение влияния макрорельефа и характера стадий обитания на видовой состав и показатели обилия люмбрицид альпийского пояса Центрального Кавказа.

Материал и методика. Сбор дождевых червей проведен в течение полевых сезонов 2005–2014 гг. (июль). При сборе материала использовали метод ручной разборки почвенных проб площадью 25×25 см² [7] с 5–8-кратной повторностью. Определение люмбрицид и характеристика морфо-экологических форм выполнены согласно имеющимся сводкам [3, 5]. Т.к. выборки имеют разный объем и распределение отличается от нормального, влияние высоты над ур. м., ландшафта, типа растительности, высотного положения биотопа оценивалось с помощью критерия Краскела-Уоллеса и медианного теста в программе «Statistica-10».

Червей собирали на платообразных вершинах водораздельных хребтов, а также в речных долинах и на днищах ущелий, где альпийские сообщества формируются под влиянием ледникового ветра. Исследованы: разнотравно-мелкозлаково-мелкоосоковый и разнотравно-мелкоосоково-мелкозлаковый луга на каменисто-щебнистом субстрате (2812 м над ур. м.); пионерные открытые группировки на слабо выветренном скальном субстрате, лишайниковые пустоши, рыхлодерновые пестрые ковры на хрящеватом или щебнистом субстрате (2650 м над ур. м.), пестроовсянницевый луг (2650 м над ур. м.), родорет (2300 м над ур. м.), мелкоосоково-разнотравный луг (2508 м над ур. м.), разнотравно-мелкоосоково-мелкозлаковый луг (2420 м над ур. м.), мелкозлаково-манжетковый фитоценоз и родорет бруснично-черничный (2253 м над ур.м.), пионерные открытые группировки на щебнистом субстрате и злаково-мелкоосоково-разнотравное сообщество с манжеткой (2452 м над ур. м.).

Почвы – горно-луговые альпийские, горно-луговые неполноразвитые, под родоретами – горно-торфянистые.

Результаты и обсуждение. В альпийских сообществах отмечено три вида дождевых червей (табл. 1), что составляет 12.5% от общего числа люмбрицид, известных для центральной части Северного Кавказа [8]. *Dendrobaena schmidti* Michaelsen 1907 – крымско-кавказский субэндемик, доминирующий в большинстве сообществ Северного Кавказа [3, 4, 8]. Кавказский по происхождению партеногенетический вид *D. tellermanica* Perel 1966 характеризуется более широким дизъюнктивным восточноевропейско-азиатским ареалом [7, 8]. *Dendrodrilus rubidus tenuis* (Eisen, 1874) – бореальный космополит, обычный на Северном Кавказе в предгорно-высокогорной части [8]. Встречаемость этих видов в районе проведения работ соответствовала основным закономерностям их высотно-поясного распределения [4, 5, 7, 8].

Т а б л и ц а 1

Видовой состав, ландшафтное распределение, численность (экз./м²) и биомасса (г/м²) дождевых червей альпийского пояса Центрального Кавказа

Вариант поясности	Ландшафтная позиция	Хребет	Фитоценоз	<i>D. schmidti</i>	<i>D. tellermanica</i>	<i>De. rubidus tenuis</i>	Общая биомасса, г/м ²
Эльбрусский	Д	1	Несомкнутые разнотравно-злаковые группировки	–	–	–	–
	Д	1	Лишайниковые пустоши	–	–	–	–
	ЮВ	1	Рыхлодерновые пестрые ковры	>1 экз./м ²	–	–	> 0.01г/м ²
	Вд	2	Разнотравно-мелкоосоково-мелкозлаковый луг	240±34	–	–	302.67±26.1
	Вд	2	Разнотравно-мелкозлаково-мелкоосоковый луг	165±38	101±13	–	80.99±8.91
	Вд	3	Пестроовсянницевый луг	175±57	–	–	84.5±12.7
	Вд	1	Мелкоосоково-разнотравный луг	69±13	–	–	27.7±7.7
	Вд	1	Разнотравно-мелкоосоково-мелкозлаковый луг	16±3	–	–	5.2±1.8
СВ	1	Родорет бруснично-черничный	22±2	–	24±3.3	12.8±3.2	
Терский	Д	3	Несомкнутые осоково-злаковые группировки	–	–	–	–
	Д	3	Мелкозлаково-манжетковый луг	8±1	–	–	1.36±0.22
	Д	3	Злаково-мелкоосоково-разнотравный луг с манжеткой	112±23	–	–	17.2±3.9
	Д	3	Родорет бруснично-черничный	48±8	–	–	1.72±0.42

Примечание. Д – долина реки, ЮВ – юго-восточный склон, Вд – водораздельное плато; СВ – северо-восточный склон; 1 – Водораздельный хребет, 2 – Скалистый хребет, 3 – Боковой хребет.

Оценка статистической значимости деления выборок дождевых червей по различию физико-географических и экологических условий местообитаний с помощью медианного теста и критерия Краскела–Уоллеса

	Вариант поясности	Тип расти- тельного со- общества	Высота над ур. м.	Хребет	Ландшафтное положение	Проективное покрытие
Общая чис- ленность	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0004	0.3026
	0.0043	0.0034	0.0001	0.0008	0.0196	0.4375
Общая био- масса	0.0000	0.0000	0.0003	0.0011	0.0000	0.0078
	0.0000	0.0034	0.0000	0.0040	0.0000	0.0039

Примечание. Числитель – тест Краскела–Уоллеса, знаменатель – медианный тест.

D. schmidti, населяющий почвы большинства исследованных фитоценозов, и доминирующий по численности, представлен почвенно-подстилочной морфо-экологической формой. Этот вид широко распространен на Северном Кавказе от степной зоны до альпийских лугов [4, 5, 7, 8]. *D. tellermanica* – единственный представитель собственно почвенных видов, отмеченный на высоте 2812 м над ур. м. [8]. В отличие от *D. schmidti*, *D. tellermanica* не имеет сплошного распространения в высокогорных сообществах, как и подстилочный *De. rubidus tenuis*, холодостойкость которого хорошо исследована [9].

В альпийских биогеоценозах зарегистрированы высокие показатели численности и биомассы дождевых червей (см. табл. 1). Максимальные значения отмечены в разнотравно-мелкозлаково-мелкоосоковых и разнотравно-мелкоосоково-мелкозлаковых лугах, наименьшие – в рыхлодерновых пестрых коврах.

Проверка данных с помощью критерия Краскелла–Уоллеса и медианного теста показала, что распределение дождевых червей в альпийском поясе зависит от ландшафтного положения местообитания, высоты над ур. м. и типа фитоценоза. Лучше всего характеризует условия местообитаний общая биомасса дождевых червей (табл. 2, рис. 1). На численность люмбрицид наименьшее влияние оказывает проективное покрытие фитоценоза.

Локализация дождевых червей – крупных почвенных сапрофагов – приурочена к местообитаниям с хорошо сформированным почвенным покровом, индикатором которого является растительность (рис. 1, А).

В пионерных открытых группировках на слабо выветренном скальном субстрате и лишайниковых пустошах дождевых червей зарегистрировать не удалось. В рыхлодерновых пестрых коврах на хрящеватом или щебнистом субстрате с зачаточным почвенным покровом, являющимися второй стадией развития растительного покрова, только в одной пробе на склоне юго-восточной экспозиции найдена одна особь *D. schmidti* (см. табл. 1). Основными дернообразователями плотнодерновых альпийских лугов являются мелкие осочки – осока грустная, осока Мейннгаузена и осока Гюэта. В почвах плотнодерновых альпийских лугов показатели обилия дождевых червей достигают значительных величин (см. табл. 1, рис. 1, А), причем максимальные значения численности и биомассы отмечены в наиболее высокогорных биогеоценозах – разнотравно-мелкозлаково-мелкоосоковом и разнотравно-мелкоосоково-мелкозлаковом лугах. В первом из перечисленных сообществ при значительной плотности люмбрицид отмечены 2 вида – полиморфный *D. schmidti* и собственно почвенный *D. tellermanica*. Содомиантами родоландрона кавказского в родоретах бруснично-черничных являются черника обыкновенная и брусника. Дождевые черви представлены *D. schmidti* либо *D. schmidti* и *D. rubidus tenuis*.

Несмотря на то, что выборки хорошо дифференцируются по высотному положению и проективному покрытию фитоценозов, характер изменения численности и биомассы дождевых червей имеет более сложную зависимость и, вероятно, определяется сильным

влиянием сопутствующих факторов, что хорошо видно на графиках (рис. 1, Б).

К числу лимитирующих факторов в условиях короткого безморозного периода относится обеспеченность лучистой энергией солнца. Благоприятные климатические условия наиболее высокогорной точки, где взяты пробы, отражает численность и видовое разнообразие люмбрицид водораздельных возвышенностей (см. табл. 1, рис. 1, Б), на которых кроме почвенно-подстилочной формы *D. schmidti* отмечен собственно почвенный *D. tellermanica*, причем в одном из биогеоценозов обилия видов имеют близкий порядок. Как известно, в высокогорных ландшафтах с ростом относительной высоты над ур. м. продолжительность солнечного сияния на открыто расположенных поверхностях возрастает и составляет, например, на Бермамыте (вершина Скалистого хребта, 2592 м над ур. м.) 2350 ч в год [10]. Несмотря на то, что вершины хребтов подвержены атмосферному выхолаживанию, обеспечен-

ность влагой, высокий уровень лучистой энергии солнца обеспечивают комфортную среду обитания для влаголюбивых и не термофильных люмбрицид.

Влияние орографического местоположения стаций обитания особенно усиливается восточней 42,5° [10]. Зона максимума жидкой фазы осадков охватывает гребни меридиональных хребтов и части подветренного склона. Количество осадков резко уменьшается в котловинах и межгорных депрессиях и на подветренных склонах хребтов, где также сильнее выражены суточные и сезонные колебания температур [10]. Для вогнутых котловин и долин характерно явление температурной инверсии, при которой холодные массы воздуха скапливаются в них, образуя «озера холода», температурный режим которых не соответствует климатическим условиям местности. На днищах ущелий наблюдается снижение снеговой линии в некоторых случаях до 2100–2200 м над ур. м. Все перечисленное приводит к тому,

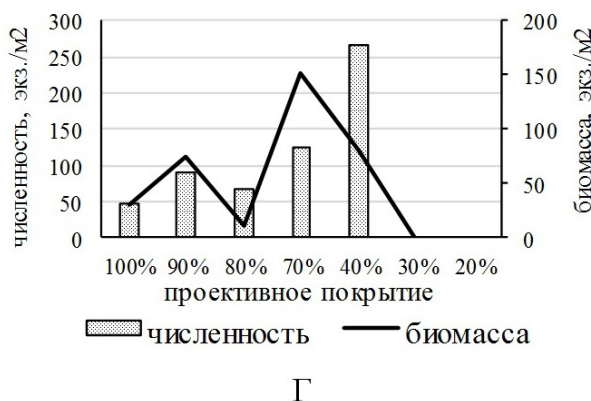
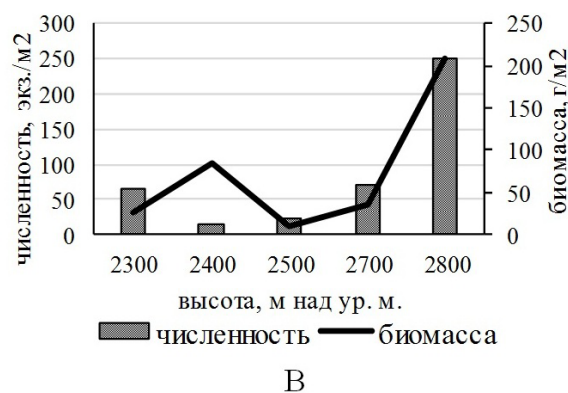
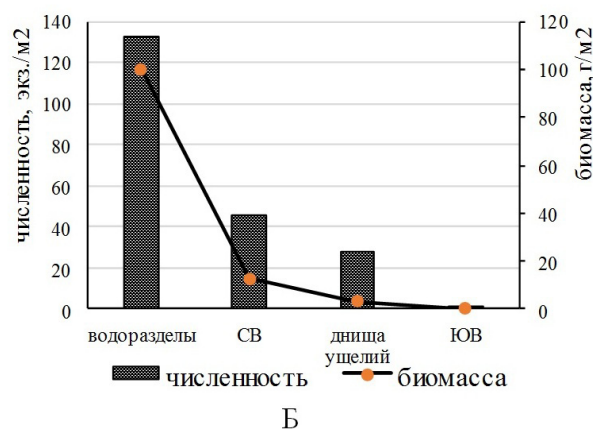
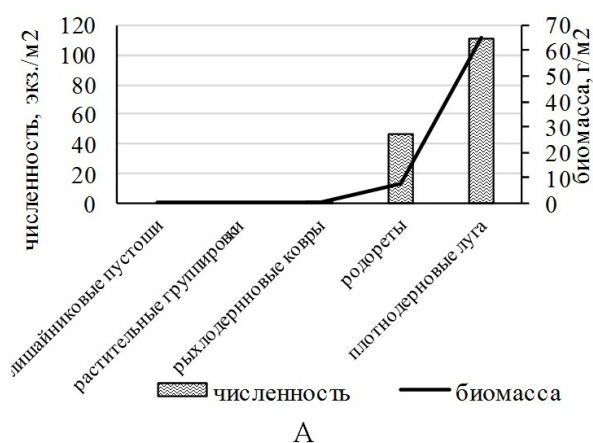


Рис. 1. Средние показатели обилия дождевых червей в зависимости от: А – типа растительных формаций, Б – ландшафтной позиции биогеоценоза; В – от высоты над ур. м., Г – проективного покрытия

что в долинных околоредниковых биогеоценозах по сравнению с водоразделами численность и биомасса люмбрицид снижаются (см. табл. 1, рис. 1, Б).

В силу преобладающего западного переноса суммарное количество осадков ослабевает в восточном и южном направлениях [1]. В значительной мере плотность люмбрицид зависит от положения биотопа на горных хребтах, из которых в пределах центральной части Северного Кавказа наиболее северо-западную локализацию имеет Скалистый хребет. По сравнению с Водораздельным хребтом Скалистый хребет оказывается ближе к массопереносам теплых воздушных масс, идущих с Прикаспийской низменности. Совокупность факторов приводит к тому, что численность и биомасса дождевых червей Скалистого хребта, даже несмотря на более высокогорную локализацию изученных биогеоценозов, значительно превышает показатели обилия населения дождевых червей Водораздельного и Бокового хребтов (см. табл. 1, рис. 2, А).

Большое значение на формирование климатического режима оказывает ориентация долин. Долины северо-западного и северного направлений характеризуются повышенными значениями среднегодовых температур, северо-восточного – пониженными [10]. Если экспозиция макросклона, высота и удаленность от влагонесущих масс определяют барьерно-экспозиционную зональность 1-го порядка, то ориентировка долин и хребтов – барьерно-экспозиционную зональность 2-го порядка [10]. Возможно, полученные показате

ли обилия люмбрицид (рис. 2, Б), обитающих в ущельях северной ориентации, объясняются антропогенным прессом, оказываемым на биогеоценозы популяцией яков.

На примере альпийского пояса рассмотреть разницу в видовом составе и распределении дождевых червей между вариантами поясности не удалось. В альпийском поясе эльбрусского варианта рельеф имеет спокойные формы, что позволило собрать материал на водораздельных позициях и в долинах рек. В терском варианте альпийский пояс занимает крутые макросклоны горных хребтов и днища ущелий, изобилуя осыпями, каменными стенами и выходами камней, поэтому исследованы только долинны сообщества. Однако, согласно данным географов и геоботаников, на высотах более 2000 м климат и растительный покров эльбрусского и терского вариантов отличаются мало [10].

Таким образом, несмотря на суровые «арктические» условия альпийского пояса, численность дождевых червей в некоторых сообществах достигает значительных величин. Наиболее многочисленны они в плотнотерновых альпийских лугах. Численность и биомасса люмбрицид отражают климатические условия сообществ. Барьерно-экспозиционная зональность 1-го порядка определяется не только экспозицией макросклона, высотой, но и удаленностью от влагонесущих масс, проходящих преимущественно с северо-западной стороны. Важное значение имеет барьерно-экспозиционная зональность 2-го порядка – ориентировка долин относительно основных

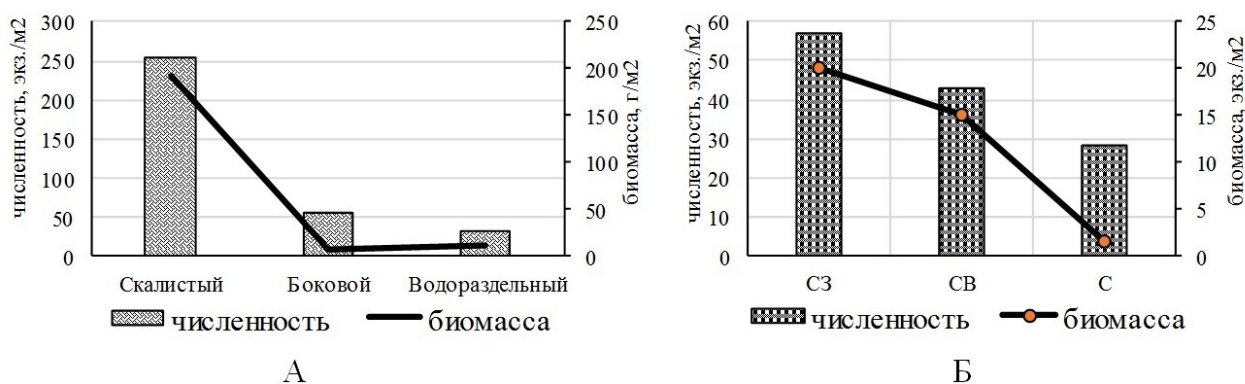


Рис. 2. Средние показатели обилия дождевых червей в зависимости от: А – локализации на хребтах, Б – северо-западной, северо-восточной, северной ориентации долин

потоков переноса влаги. Влияние на состав и структуру фауны в высокогорных экосистемах оказывает орография района. Элювиальные формы рельефа отличаются большим разнообразием дождевых червей по сравнению с долинами рек и днищами ущелий. Для вогнутых элементов ландшафта характерно явление температурной инверсии – в речных долинах застаиваются холодные воздушные массы, температурный режим которых не соответствует климатическим условиям местности. По сравнению с водоразделами, долинные сообщества получают меньшее количество осадков. Численность люмбрицид при этом снижается, еще более усугубляет ситуацию трансформация перигляциальных биотопов под влиянием перевыпаса.

Работа выполнена при финансовой поддержке программ фундаментальных исследований Президиума РАН «Биоразнообразие и динамика генофондов» и «Живая природа: современное состояние и проблемы развития».

ЛИТЕРАТУРА

1. Гвоздецкий Н.А. Кавказ: очерк природы. М.: Госуд. изд-во географ. литер, 1963. 264 с.
2. Соколов В.Е., Темботов А.К. Млекопитающие. Насекомоядные. М.: Наука, 1989. С. 3–27.
3. Перель Т.С. Распространение и закономерности распределения дождевых червей фауны СССР. М.: Наука, 1979. 275 с.
4. Квавадзе Э.Ш. Дождевые черви (Lumbricidae) Кавказа. Тбилиси: Мецниереба, 1985. 283 с.
5. Всеволодова-Перель Т.С. Дождевые черви фауны России. М.: Наука, 1997. 102 с.
6. Onipchenko V.G., Znakova O.E. The structure of large soil invertebrate communities (Mesofauna) in the alpine ecosystems of the Teberda Reserve, the Northwestern Caucasus // Oecologia. Montana, 1997. № 6. P. 35–38.
7. Гиляров М.С. Учет крупных беспозвоночных (мезофауны) // Методы почвенно-зоологических исследований. М.: Наука, 1975. С. 12–29.
8. Рапорт И.Б. Высотное распределение дождевых червей (Oligochaeta, Lumbricidae) в центральной части Северного Кавказа // Зоол. журн. 2013. № 1. С. 3–10.
9. Мещерякова Е.Н., Берман Д.И. Устойчивость к отрицательным температурам и географическое распространение дождевых червей (Oligochaeta, Lumbricidae, Moniligastridae) // Зоол. журн. 2014. Т. 93, № 1. С. 53–64.
10. Солошенко М.Н. Распределение основных ландшафтообразующих климатических характеристик в соответствии с условиями рельефа на территории Северного Кавказа // Тр. ВГИ. 1988. Вып. 71. С. 49–62.

References

1. Gvozdetskiy N.A. The Caucasus: An essay on nature. Moscow, Gosudarstvennoe izdatelstvo geograficheskoy literatury, 1963. 264 p.
2. Sokolov V.E., Yembotov A.K. Mammalia. Insectivora. Moscow, Nauka, 1989, pp. 3–27.
3. Perel T.S. Earthworm abundance and distribution regularities in the fauna of the USSR. Moscow, Nauka, 1979. 275 p.
4. Kvavadze E. Sh. Earthworms (Lumbricidae) of the Caucasus. Tbilisi, Metsneireba, 1985. 283 p.
5. Vsevolodova-Perel N.S. Earthworms of the Russian fauna. Moscow, Nauka, 1997. 102 p.
6. Onipchenko V.G., Znakova O.E. The structure of large soil invertebrate communities (Mesofauna) in the alpine ecosystems of the Teberda Reserve, the Northwestern Caucasus. Ecologia. Montana, 1997, no. 6, pp. 35–38.
7. Gilyatov M.S. Stock assessment of large Invertebrata (mesofauna). Metody pochvenno-zoologicheskikh issledovaniy. Moscow, Nauka, 1975, pp. 12–29.
8. Rapoport I.B. Earthworm vertical distribution (Oligochaeta, Lumbricidae) in the central part of the North Caucasus. Zoologichaskiy zhurnal, 2013, no. 1, pp. 3–10.
9. Meshcheryakova E.N., Berman D.I. Earthworm tolerance (Oligochaeta, Lumbricidae, Moniligastridae) to negative temperatures and their geographical distribution. Zoologicheskiiy zhurnal, 2014, vol. 93, no. 1, pp. 53–64.
10. Soloshenko M.N. Distribution of major landscape-forming characteristics according to topographical conditions in the North Caucasus. Trudy VGI. Moscow, Gidrometeoizdat, 1988, issue 71, pp. 49–62.



**FAUNA, LANDSCAPE AND BIOTOPIC DISTRIBUTION
IN EARTHWORMS (OLIGOCHAETA, LUMBRICIDAE)
OF THE ALPINE BELT IN THE CENTRAL CAUCASUS**

© **I.B. Rapoport**

Tembotov Institute of Ecology of Mountain Territories,
Kabardino-Balkar Scientific Centre, RAS,
37-a, ulitsa I. Armand, 360051, Nalchik, Kabardino-Balkaria, Russian Federation

The paper considers the dependence of earthworm species composition and abundance indices on distribution of their habitat stations in various macro-topographic elements. It is shown that in high-mountain ecosystems the localization of a biotope on eluvial positions is more significant than the true altitude. In elevated home ranges, where radiation balance is higher and frost-free season is longer, Lumbricidae have larger populations than the dwellers of river valleys. The phenomenon of temperature inversion is typical for concave and negative topographic forms. Its effect reduces earthworm populations; and the impact of overstocking aggravates the situation still further. The stratification of mountain ridges with reference to principal water transport flows coming from the west is of prime importance. Consideration is given to the abundance indices of Lumbricidae in various types of phytocoenoses.

Key words: earthworms, fauna, ecology, landscape distribution, Central Caucasus.

УДК 591.9.595.795

БИОРАЗНООБРАЗИЕ ОС-БЛЕСТЯНОК (HYMENOPTERA, CHRYSIDIDAE) ЗАКАЗНИКА «САМУРСКИЙ ЛЕС» (ВОСТОЧНЫЙ КАВКАЗ)

© Н.Б. Винокуров

Осы-блестянки в природных и нарушенных биоценозах занимают важное место, так как являются паразитами трех больших ресурсно-значимых групп насекомых: диких пчелиных (Apoidea) как активных опылителей высших растений, роющих ос (Sphecidae) и ос-эвменид (Eumenidae) как энтомофагов многих вредителей растений. Для рационального природопользования и сохранения целостности биоценозов, знание структуры населения ос-блестянок и функциональных особенностей является определяющим. В статье впервые приводятся сведения по биоразнообразию ос-блестянок заказника «Самурский лес», относящегося к особо охраняемым природным территориям (ООПТ) Республики Дагестан.

Сбор материала проводили на полянах, открытых участках леса, в дубраве, на сухом древостое, на песчаниках на берегу Каспийского моря с учетом биологических и экологических особенностей насекомых.

В результате исследований было найдено 14 видов ос-блестянок из 8 родов: *Pseudomalus violaceus* (Scopoli), 1763; *Hedychridium jucundum* (Mocsáry, 1889); *Hedychridium aheneum* Dahlbom, 1854; *Hedychrum aureicolle* Mocsáry, 1889; *Hedychrum nobile* Scopoli, 1763; *Holopyga chrysonota chrysonota* (Förster, 1853); *Holopyga fervida* (Fabricius, 1781); *Pseudospinolia uniformis* (Dahlbom, 1854); *Trichrysis cyanea* (L.), 1761; *Chrysura radians* (Harris, 1776); *Chrysis cingulicornis* Förster, 1853; *Chrysis indigotea indigotea* Dufour-Perris, 1840; *Chrysis longula* Abeille, 1879; *Chrysis longula subcoriacea* Linsenmaier, 1959. Вид *Chrysis cingulicornis* Förster, 1853, является новым для фауны России.

Полученные данные о видовом составе, экологии и функциональных особенностях ос-блестянок значительно расширяют сведения об этой группе скрыто живущих перепончатокрылых насекомых и могут быть использованы широким кругом ученых, студентов, естествоиспытателей и натуралистов для совершенствования заповедного дела и для экологического просвещения населения, особенно школьников. Новые данные могут быть использованы для составления кадастра насекомых заказника «Самурский лес», каталогов и аннотированных списков насекомых, а также для мониторинговых исследований динамики лесных биоценозов Восточного Кавказа.

Ключевые слова: биоразнообразие, осы-блестянки, заказник, Самурский лес, Восточный Кавказ.

Осы-блестянки широко распространены во всех географических зонах, где есть их хозяева. Сведения о фауне хризидид Кавказа до недавнего времени можно было найти только в двух работах, касающихся фауны Закавказья [1] и фауны Северо-Осетинского заповедника [2].

Начиная с 2005 г., благодаря комплексным исследованиям, проводимым Институтом экологии горных территорий им. А.К. Темботова, значительно расширился круг изучаемых вопросов по различным аспектам биологии, экологии и распространения ос-блестянок на Цен-

тральном и Западном Кавказе и публикации стали регулярными [3, 4]. Сведения о биоразнообразии ос-блестянок Восточного Кавказа до 2014 г. практически отсутствовали. Полученные данные по биоразнообразию ос-блестянок заказника «Самурский лес» приводятся впервые, а указанные виды являются новыми как для заказника, так и для фауны Дагестана.

Ос-блестянок собирали в местах их обитания: на полянах, опушках, вдоль дорог, на цветущих растениях молочая и тысячелистника, на почве, на сухом древостое и на поваленных сухих деревьях, а также на песке,

на каменных стенах заборов и железобетонных опорах линий электропередач.

Для сбора ос-блестянок использовали традиционные методы, используемые в энтомологии с учетом их биологических и экологических особенностей [5].

Известно, что осы-блестянки в природе гнездятся в почве, в сухом древостое, занимающая пустые ходы, оставленные стволовыми вредителями, на стенках оврагов, на камнях и осыпях, где обитают и их хозяева.

Некоторые виды ос-блестянок активно посещают цветущие растения, питаясь цветочной пылью.

Для диагностики видов использовали определители и работы по систематике [6–10].

Аннотированный список видов

Сем. Chrysididae – осы-блестянки

Подсемейство Hedychrinae Sem.

Pseudomalus violaceus (Scopoli), 1763.

Материал. Дагестан, 16.05.2014. 3 км от пос. Приморский, 4 км от пос. Бильбиль-Казмаляр. (Н.Б. Винокуров), 2♀.

Замечания. Встречается локально. В заказнике «Самурский лес» отмечен на берегу Каспийского моря, на песке среди кустов ежевики в редком травостое.

Hedychridium jucundum (Mocsáry, 1889).

Материал. Дагестан, 16.05.2014. В заказнике отмечен в 3 км от пос. Приморский, 4 км от пос. Бильбиль-Казмаляр (Н.Б. Винокуров), 10♂, 15♀.

Замечания. Массовый вид. Встречается на песке, на верхней границе участков выемки грунта в прибрежной зоне Каспийского моря среди разреженных кустов ежевики и шиповника.

Hedychridium aheneum (Dahlbom, 1854).

Материал. Дагестан, 18–22.05.2014 (Н.Б. Винокуров), 1♂. В заказнике вид отмечен между пос. Приморский и пос. Бильбиль-Казмаляр.

Замечания. Встречается редко. В дубраве найден на молочае.

Hedychrum aureicolle Mocsary, 1889.

Материал. Дагестан, 18–22.05.2014 (Н.Б. Винокуров), 8♂, 19♀. В заказнике «Самурский лес» отмечен между пос. Приморский и пос. Бильбиль-Казмаляр.

Замечания. Встречается повсеместно, обычен. Встречается на открытых местах, вдоль дорог, на полянах и опушках. В дубраве найден на молочае.

Hedychrum nobile Scopoli, 1763.

Материал. Дагестан, 18–22.05.2014 (Н.Б. Винокуров), 3 км от пос. Приморский, 4 км от пос. Бильбиль-Казмаляр, 1♂, 2♀.

Замечания. Широко распространенный обычный вид, в заказнике «Самурский лес» отмечен в дубраве на цветках молочая.

Holopyga chrysonota chrysonota (Förster), 1853.

Материал. Дагестан, 18–22.05.2014 (Н.Б. Винокуров), между пос. Приморский и пос. Бильбиль-Казмаляр, 2♀.

Замечания. Встречается локально, редкий вид. В заказнике «Самурский лес» встречается в дубраве, на молочае.

Holopyga fervida (Fabricius), 1781.

Материал. Дагестан, 18–22.05.2014. (Н.Б. Винокуров), между пос. Приморский и пос. Бильбиль-Казмаляр, 20♂.

Встречается локально, массовый вид. Отмечен в дубраве на молочае.

Подсемейство Chrysidinae

Pseudospinolia uniformis (Dahlbom, 1854).

Материал. Дагестан, 18–22.05.2014. (Н.Б. Винокуров), между пос. Приморский и пос. Бильбиль-Казмаляр, 1♀.

Замечания. Редок. В дубраве встречается на цветках молочая. Предпочитает открытые места, опушки лесные поляны.

Trichrysis cyanea (L.), 1761.

Материал. Дагестан, 16.05.2014. (Н.Б. Винокуров), 3 км от пос. Приморский, 4 км от пос. Бильбиль-Казмаляр, 1♀.

Замечания. Палеарктический вид, встречается повсеместно. В популяциях преобладают самки. В заказнике отмечен на каменной стене забора.

Chrysuria radians (Harris, 1776).

Материал. Дагестан, 16.05.2014. (Н.Б. Винокуров), 3 км от пос. Приморский, 4 км от пос. Бильбиль-Казмаляр, 2♂.

Замечания. Вид часто встречается на сухом древостое. В заказнике отмечен на железобетонных опорах линий электропередач.

Chrysis cingulicornis Förster, 1853.

Материал. Дагестан, 18–22.05.2014. (Н.Б. Винокуров), между пос. Приморский и пос. Бильбиль-Казмаляр, 1♂.

Замечания. Вид новый для фауны России. Встречается редко. Собран в дубраве на молочае. Кошение сачком.

Chrysis indigotea indigotea Dufour-Perris, 1840.

Материал. Дагестан, 16.05.2014. (Н.Б. Винокуров), 3 км от пос. Приморский, 4 км. от пос. Бильбиль-Казмаляр, 4♂, 1♀.

Замечания. Собран на границе леса и прибрежной зоны Каспийского моря на железобетонных опорах линий электропередач.

Chrysis longula Abeille, 1879.

Материал. Дагестан, 16.05.2014. (Н.Б. Винокуров), 3 км от пос. Приморский, 4 км от пос. Бильбиль-Казмаляр, 1♂.

Замечания. Встречается на границе леса и прибрежной зоны Каспийского моря на железобетонном столбе опоры линий электропередач.

Chrysis longula subcoriacea Linsenmaier, 1959.

Материал. Дагестан, 18–22.05.2014 (Н.Б. Винокуров), 3 км от пос. Приморский, 4 км от пос. Бильбиль-Казмаляр, 1♀; там же между пос. Приморский и Бильбиль-Казмаляр 16.05.2014, 3♂, 1♀.

Замечания. Вид обычный в лесных биоценозах. В заказнике «Самурский лес» встречается в дубраве на сухом древостое и железобетонных опорах линий электропередач на границе леса и прибрежной зоны.

Полученные данные расширяют представление о видовом богатстве фауны ос-блестянок заказника «Самурский лес» и могут быть использованы широким кругом ученых, исследователей и натуралистов в природоохранных и просветительских работах, а также в мониторинговых исследованиях динамики лесных экосистем Восточного Кавказа.

Работа выполнена по программе фундаментальных исследований Президиума РАН «Живая природа: современное состояние и проблемы развития».

ЛИТЕРАТУРА

1. Radozhkovsky O. Les Chrysidides et Sphegides du Caucase // Тр. Русск. энтомол. об-ва. 1880. Т. 14. С.140–147.
2. Званцов А.Б. Осы-блестянки (Hymenoptera, Chrysididae) горных районов Северной Осетии // Бюл. МОИП. Отдел. Биол. 1987. № 92(2). С. 62–66.
3. Винокуров Н.Б. Фауна ос-блестянок (Hymenoptera, Chrysididae) в сообществах насекомых-ксилобионтов Центрального Кавказа и Предкавказья // Горные экосистемы и их компоненты: тр. Междунар. конф. (Нальчик, 4–9 сентября 2005 г.). Нальчик. 2005. Т. 1. С. 89–90.
4. Винокуров Н.Б. К фауне ос-блестянок (Hymenoptera, Chrysididae) высокогорий Центрального Кавказа // Известия Самарского НЦ РАН. 2010. Т. 12. Вып. 1(5). С. 1276–1279.
5. Винокуров Н.Б. Методы сбора ос-блестянок (Hymenoptera, Chrysididae) с учетом их биологических и экологических особенностей // Известия Самарского НЦ РАН. 2015. Т. 17, № 6. С. 9–13.
6. Семенов-Тянь-Шанский А.П. Система трибы Chedychrini Мocs. (Hymenoptera, Chrysididae) и описание новых видов // Тр. Зоол. Ин-та АН СССР. 1954. Т. 15. С. 138–145.
7. Linsenmaier W. Revision der Familie Chrysididae (Hymenoptera) mit besonderer Berücksichtigung der europäischen Spezies. Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft. 1959. Bd. XXXII, H.1. 132 s.
8. Linsenmaier W. Revision der Familie Chrysididae (Hymenoptera) Nachtrag Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft. 1959. Bd. XXXII, H. 2–3. S. 233–240.
9. Kimsey L.S., Bohart R.M. The Chrysidid Wasps of the World. Toronto. 1990. 652 p.
10. Paukkunen J., Rosa P., Soon V., Iohanson N., Ødegaard F. Faunistic review of the cuckoo wasps of Fennoscandia, Denmark and Baltic countries (Hymenoptera: Chrysididae) // Zootaxa. 2014. Vol. 3864, № 1. P. 1–67.

References

1. Radozhkovsky O. Les Chrysidides et Sphegides du Caucase. Trudy Russkogo entomologicheskogo obshchestva, 1880, vol. 14, pp. 140–147.
2. Zvantsov F.B. Cuckoo wasps (Hymenoptera, Chrysididae) of the mountainous areas of North Ossetia. Byulleten MOIP. Otdelenie Biologii, 1987, vol. 92(2), pp. 62–66.
3. Vinokurov N.B. The fauna of cuckoo wasps (Hymenoptera, Chrysididae) in xylobiont insect communities of the Central Caucasus and Cis-Caucasian Region. Gornye ekosistemy i ikh komponenty. Trudy Mezhdunarodnoy konferentsii (Nalchik, September 4–9, 2005). Nalchik, Institut ekologii gornykh territoriy KBNTs RAN, 2005, vol. 1, pp. 89–90.

4. Vinokurov N.B. On the fauna of cuckoo wasps (Hymenoptera, Chrysididae) of the highlands of the Central Caucasus. *Izvestiya Samarskogo NTs RAN*, 2010, vol. 12, no. 1(5), pp. 1276–1279.

5. Vinokurov N.B. Methods for collecting cuckoo wasps (Hymenoptera, Chrysididae) with regard to their biological and ecological features. *Izvestiya Samarskogo NTs RAN*, 2015, vol. 17, no. 6, pp. 9–13.

6. Semenov-Tyan-Shanskiy A.P. The system of the tribe Chedychrini Mocs. (Hymenoptera, Chrysididae) and description of new species. *Trudy Zoologicheskogo instituta AN SSSR*. Leningrad, ZIN AN SSSR, 1954, vol. 15, p. 138–145.

7. Linsenmaier W. Revision der Familie Chrysididae (Hymenoptera) mit besonderer

Berücksichtigung der europäischen Spezies. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, 1959a, Bd. 32, H. 1. 132 S.

8. Linsenmaier W. Revision der Familie Chrysididae (Hymenoptera) Nachtrag *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*. 1959b, Bd. 32, H. 2–3, S. 233–240.

9. Kimsey L.S., Bohart R.M. *The Chrysidid wasps of the world*. Oxford-Toronto, 1990. 652 p.

10. Paukkunen J., Rosa P., Soon V., Johanson N., Ødegaard F. Faunistic review of the cuckoo wasps of Fennoscandia, Denmark and Baltic countries (Hymenoptera: Chrysididae). *Zootaxa*, 2014, vol. 3864, no. 1, pp. 1–67.



BIODIVERSITY OF CUCKOO WASPS (HYMENOPTERA, CHRYSIDIDAE) IN THE SAMUR FOREST RESERVE (EAST CAUCASUS)

© N.B. Vinokurov

Tembotov Institute of Ecology of Mountain Territories,
Kabardino-Balkar Scientific Centre, RAS,
37-a, ulitsa I. Armand, 360051, Nalchik, Kabardino-Balkaria, Russian Federation

Cuckoo wasps occupy a significant place in natural and disturbed biocoenoses because of being parasites of three large resource-relevant insect groups: wild bees (Apoidea) as active pollinators of higher plants, digger wasps (Sphecoidea) and eumenid wasps (Eumenidae) as entomophagous species in pest control. Knowledge of their population structure and functional features is decisive for rational environmental management and preservation of biotic integrity. This article presents, for the first time, the data on biodiversity of cuckoo wasps in the Samur Forest Reserve classified as a special protected area (SPA) of the Republic of Dagestan.

Sampling was done in glades, open forest sites, oak groves, dry forest stands and on Caspian coastal sandstones with consideration for biological and ecological characteristics of the insects.

The research made it possible to find 14 species of cuckoo wasps belonging to 8 genera: *Pseudomalus violaceus* (Scopoli), 1763; *Hedychridium jucundum* (Mocsáry, 1889); *Hedychridium aheneum* Dahlbom, 1854; *Hedychrum aureicolle* Mocsáry, 1889; *Hedychrum nobile* Scopoli, 1763; *Holopyga chrysonota chrysonota* (Förster, 1853); *Holopyga fervida* (Fabricius, 1781); *Pseudospinolia uniformis* (Dahlbom, 1854); *Trichrysis cyanea* (L.), 1761; *Chrysura radians* (Harris, 1776); *Chrysis cingulicornis* Förster, 1853; *Chrysis indigotea indigotea* Dufour-Perris, 1840; *Chrysis longula* Abeille, 1879; *Chrysis longula subcoriacea* Linsenmaier, 1959. *Chrysis cingulicornis* Förster, 1853 is a new species in the fauna of Russia.

The results obtained on the species composition, ecology and functional features of cuckoo wasps expand considerably the knowledge of this group of cryptozoic Hymenoptera and can be used by a wide circle of scientists, students and nature specialists to improve reserve management and foster the growth of environmental education, especially among schoolchildren. The new data can be useful for making the insect inventory of the Samur Forest Reserve and also for monitoring the dynamics of forest biocoenoses in the East Caucasus.

Key words: biodiversity, cuckoo wasps, reserve, Samur Forest, East Caucasus.

МЕХАНИЗМЫ ГЕНОМНОГО ИМПРИНТИНГА У ЦВЕТКОВЫХ РАСТЕНИЙ

© Г.А. Геращенко, Г.Р. Ясыбаева, Н.А. Рожнова, А.В. Чемерис

Рассматриваются молекулярные механизмы геномного импринтинга растений. Обсуждаются особенности функционирования ключевых импринтированных генов, вовлеченных в формирование эндосперма. Изложен анализ имеющихся в литературе данных по изучению взаимосвязи геномного импринтинга в эндосперме с апомиктичным развитием. Обсуждаются возможные сложности, обусловленные импринтингом, при конструировании апомиксиса *de novo*.

Ключевые слова: геномный импринтинг, метилирование ДНК, модификации гистонов, ремоделирование хроматина, инжиниринг апомиксиса.

Шумерский эпос о Гильгамеше (XVIII–XVII века до н.э.) содержит первое упоминание о выносливых животных – мулах. Наши далекие предки обратили внимание, что при скрещивании осла и кобылы удается получить мула, по внешнему виду отличающегося от лошака, отпрыска жеребца и ослицы. Гибридное происхождение мула и лошака, наглядно демонстрирует, что наследование признаков в потомстве в значительной степени зависят от особенностей подбора родительской пары.

Известно, что в основе наследования некоторых признаков, обусловленных специфическим происхождением от одного из родителей, лежит такое удивительное явление как геномный импринтинг. Импринтинг – это эпигенетическое явление у животных и растений, которое относится к моноаллельной экспрессии специфических генов в зависимости от родительского происхождения (*parent-of-origin-dependent*). Термин «геномный импринтинг» имеет долгую историю, но в его современном окончательно оформившемся смысле для эпигенетического маркирования

аллелей в зависимости от пола родителей млекопитающих и цветковых растений стал использоваться относительно недавно [1–3]. Впервые у растений геномный импринтинг был описан у растений для *R* локуса пигментации эндосперма кукурузы [4], а на молекулярном уровне подавляющее большинство импринтированных генов было идентифицировано у модельного растения *Arabidopsis thaliana*.

Интересно, что геномный импринтинг присущ таким далеко отстоящим в эволюционном плане таксонам, как цветковые растения и млекопитающие. В основе импринтинга лежит плацентарная природа развития зародыша при участии питающей ткани: плаценты у млекопитающих и эндосперма у цветковых растений. Геномный импринтинг цветковых растений является следствием специфических особенностей их полового размножения. Так, у цветковых растений в результате женского гаметогенеза возникает зародышевый мешок, включающий одну яйцеклетку, одну центральную клетку (2 ядра) и несколько

ГЕРАЩЕНКОВ Григорий Алексеевич – к.б.н., Институт биохимии и генетики Уфимского научного центра РАН, e-mail: apomixis@anrb.ru

ЯСЫБАЕВА Гульнар Рафиловна, Институт биохимии и генетики Уфимского научного центра РАН, e-mail: gulnar.yas@mail.ru

РОЖНОВА Наталья Анатольевна – к.б.н., Институт биохимии и генетики Уфимского научного центра РАН, e-mail: rnata2013@gmail.com

ЧЕМЕРИС Алексей Викторович, Институт биохимии и генетики Уфимского научного центра РАН, e-mail: chemeris@anrb.ru

ко других вспомогательных клеток. В ходе двойного оплодотворения, описанного академиком С.Г. Навашиным в 1898 г., яйцеклетка сливается с одним из двух спермиев мужского гаметофита, давая начало зародышу, а центральная клетка, сливаясь с другим спермием, трансформируется в триплоидный эндосперм ($2m+1p$), где m – это maternal, материнский, а p – это paternal, отцовский. У общего для более чем 70% видов растений зародышевого мешка типа Polygonum 2 ядра центральной клетки сливаются со спермием, давая эндосперм с отношением геномов $2m:1p$. Это отношение, являющееся нормой, получило название балансового числа эндосперма (БЧЭ, Endosperm Balance Number = EBN). При этом отношение родительских геномов в зародыше сохраняется в отношении 1:1. Отклонения в уровне числа хромосом в эндосперме от нормы $2m:1p$, часто происходящие при скрещивании растений с разными хромосомными числами, приводят к гибели семян. Очевидно, импринтинг, или родительско-специфичная экспрессия генов – это эпигенетический механизм, посредством которого осуществляется контроль ранних стадий семенного развития на этапе зародышевого мешка.

Вне всякого сомнения, импринтинг является исключением из законов наследственности Менделя, так как в данном случае экспрессия гена не зависит от того, является ли аллель доминантной или рецессивной, а зависит только от происхождения: экспрессируются либо материнские, либо отцовские гены (или их аллели). Такая специфическая экспрессия генов, возможно, осуществляется с помощью определенной эпигенетической модификации аллелей, наследуемых либо по материнской, либо по отцовской линии, в частности, за счет модификации гистонов и ДНК метилирования [5]. Например, обычно репрессированные в вегетативных тканях *A. thaliana* гены *MEA* и *FWA* метилированы в области промоторов. Реактивация этих генов в эндосперме, где экспрессируются гены, имеющие материнское происхождение, связана с их деметилированием в женском гаметофите перед оплодотворением.

Изучение молекулярных механизмов импринтинга продиктовано необыкновенной важностью в селекции хозяйственно ценных признаков. Так, например, перспективными направления в биотехнологии и селекции ценных форм и сортов могут рассматриваться отбор на повышенную экспрессию материнских аллелей генов, вовлеченных в биосинтез белков эндосперма или размер семени сельскохозяйственных растений за счет оптимального подбора отца и матери. Цель нашего обзора – кратко обсудить ключевые моменты такой увлекательной и важной в практическом отношении проблемы, как импринтинг цветковых растений.

Молекулярные механизмы импринтинга. У растений молекулярные механизмы геномного импринтинга наиболее полно и всеобъемлюще изучены на мутантных формах *A. thaliana*. Известно, что эпигенетическая регуляция генов при импринтинге достигается в ходе таких процессов, как метилирование ДНК, модификации гистонов, ремоделирование хроматина и может вовлекать малые РНК [5, 6]. Остановимся на них вкратце.

Метилирование ДНК – хорошо изученный молекулярный механизм эпигенетической регуляции активности генов. У растений геномная ДНК может быть метилирована в трех нуклеотидных мотивах CG, CHG и CHH (где H=A, T или C) при участии ДНК-метилтрансфераз (MET1), хромометилаз (CMT3) или механизма РНК интерференции соответственно. У *A. thaliana* было обнаружено метилирование промоторных областей матерински импринтированных экспрессирующихся генах, таких как *MEDEA (MEA)*, *FERTILIZATION-INDEPENDENT SEED2 (FIS2)*, и *FWA*, а также в 3'-тандемных повторах импринтированного парентально экспрессирующегося гена *PHERESI (PHE1)*. В нескольких независимых экспериментах было показано, что у *A. thaliana* в эндосперме отмечен высокий уровень деметилирования ДНК, в то время как для ДНК зародыша характерен относительно высокий уровень метилирования [6, 7]. Эксперименты

на *A. thaliana* и рисе показали, что деметилирование ДНК – это общая особенность развития женских гаметофитов растений [8]. Например, у *A. thaliana* установление эпигенетического статуса в мужских и женских гаметах начинается с дифференцированного деметилирования генома. Так, ген ДНК гликозилазы, *DEMETETER* (*DME*), экспрессируется в центральной клетке мегагаметофита, в то время как в спермиях его экспрессия не детектирована [9, 10]. Интересно, что у кукурузы такое глобальное гипометилированное состояние ДНК в эндосперме не наблюдается [11, 12]. С помощью аллель-специфического бисульфитного секвенирования ДНК удалось подтвердить то, что определенные материнские аллели в эндосперме подвергаются деметилированию, в то время как соответствующие отцовские, наоборот, гиперметилируются [12].

Помимо метилирования ДНК, модификации гистонов вносят существенный вклад в импринтинг генов. Так, триметилирование гистона H3 по лизиновым остаткам в позиции 27 (H3K27me3) – это важный эпигенетический процесс мечения хроматина, необходимый для импринтированной экспрессии генов [13]. Этот процесс осуществляется специфическими белками группы Polycomb, объединенными в мультисубъединичный репрессивный комплекс – PRC2 (Polycomb repressive complex 2). У млекопитающих и растений, репрессивные комплексы поликомба PRC2 консервативны и вовлечены в переход между вегетативным (соматическим) и репродуктивным состоянием. Обнаруженный в эндосперме *A. thaliana* PRC2-FIS комплекс

(FERTILIZATION INDEPENDENT SEED) состоит из четырех коровых белковых субъединиц: MEDEA (MEA), FERTILIZATION INDEPENDENT SEED2 (FIS2), FERTILIZATION INDEPENDENT ENDOSPERM (FIE), являющихся гомологами белков PRC2 дрозофилы Enhancer of zeste (Ez), Suppressor of zeste, Extra sex combs (Esc) соответственно, и MULTICOPY SUPPRESSOR OF IRA1 (MSI1), состоящий из WD-40 повторов и гомологичный белку p55 дрозофилы [14, 15]. Комплекс FIS-PRC2 репрессивует гены-мишени модификацией H3K27me3: подавляется экспрессия отцовских аллелей в материнском растении, а в отцовском – материнские аллели [16–18]. Установлено, что комплекс FIS-PRC2 действует в центральной клетке женского гаметофита и в эндосперме, ориентируясь на гипометилированные сайты ДНК [18], тем самым предотвращая эндоспермогенез при отсутствии оплодотворения.

До сих пор остается непонятным, как комплекс FIS-PRC2 распознает гипо- или гиперметилированные сайты ДНК. Известно, что этот комплекс репрессивует гены-мишени с помощью различных cis-регуляторных элементов, которые были идентифицированы у множества организмов. Такие элементы ответа системы Polycomb (PREs, Polycomb-Response Elements) могут включать в себя повторяющиеся последовательности ДНК [19, 20], маленькие участки GC-богатых последовательностей [21], или сайты связывания транскрипционных факторов. Недавно было показано, что некодирующие РНК могут взаимодействовать с FIS-PRC2 комплексом и

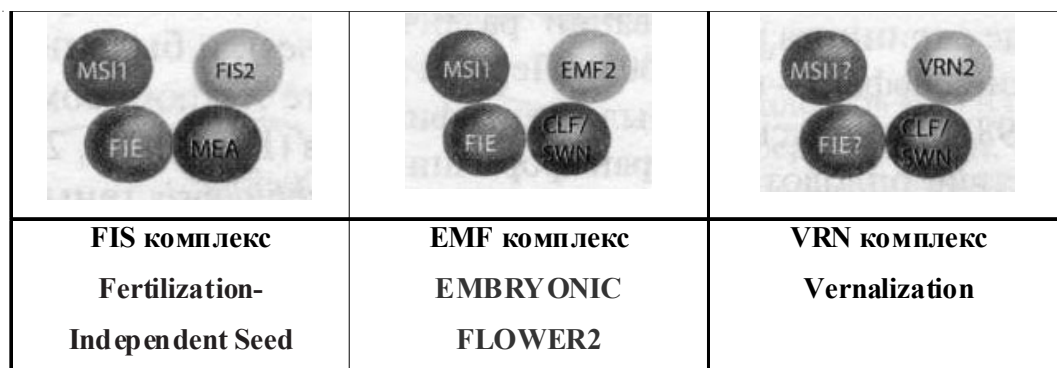


Рис. 1. Организация репрессивных белковых комплексов арабидопсиса

действовать на специфические локусы в растительном геноме [22]. Метилированная ДНК защищена от установления пост-трансляционной модификации H3K27me3 [18, 21, 23]. Получается, что гиперметилированное состояние отцовских аллелей препятствует связыванию с *cis*-регуляторными элементами FIS-PRC2, и тем самым запускается транскрипция отцовских аллелей. В случае материнских неметилированных аллелей комплекс FIS-PRC2 начинает активно репрессировать их, позволяя экспрессироваться только отцовским генам. Исследования сайтов ДНК, подверженных H3K27me3 модификации, генома кукурузы подтверждают эту модель [24]. Результаты другой группы исследователей также согласуются с этими данными [12]. Белковые комплексы группы поликомба PcG взаимодействуют с генами-мишенями при участии специфической последовательности ДНК, которая активно исследуется у дрозофилы и называется «элементом ответа» группы поликомба. Таким образом, белки группы поликомба вводят состояние молчащего хроматина, способное наследоваться в ряду многих делений клеток, и потому играют важную роль в процессах развития у животных и растений.

У *A. thaliana* известны три консервативных коровых комплекса PRC2, а именно: FIS комплекс, EMF комплекс и VRN комплекс (рис. 1).

Белки MEA и FIE, аналогично их гомологам у млекопитающих ENX1 и EED, непосредственно взаимодействуют друг с другом и образуют белковый комплекс, что свидетельствует о сильной эволюционной консервативности PcG белков [15]. Комплекс MEA/FIE имеет молекулярную массу около 600 kDa и содержит дополнительные субъединицы: MSI1 и FIS2. Этот комплекс, благодаря наличию упомянутого выше SET доменного белка MEA, имеет активность метилтрансферазы гистонов, которая позволяет устанавливать репрессивное состояние хроматина вокруг локусов-мишеней с помощью деацетилирования или метилирования гистонов.

Репрессирующий комплекс белков группы Polycomb, вовлеченный в процессы эпи-

генетической регуляции генов, встречается во всех эукариотических клетках, в том числе и у животных. Но, в отличие от них, растительные PcG белки менее стабильны, потому их репрессивная активность может быть ослаблена под действием специфических факторов окружающей среды и онтогенеза, например, таких как похолодание и оплодотворение. Тем самым, возможно, что двойное оплодотворение также инициирует еще неизвестный сигнальный каскад, который ослабляет действие этого репрессивного комплекса в яйцеклетке и центральной клетке *A. thaliana*, что активирует транскрипцию генов, отвечающих за развитие семени. Но, к сожалению, пока нет полного понимания молекулярных механизмов процессов дифференциальной экспрессии генов во время развития семени.

Импринтинг в развитии эндосперма и зародыша. Итак, у большинства видов ядро центральной клетки образуется путем слияния двух гаплоидных полярных ядер, отсюда и возникает критичное для эндосперма соотношение геномов 2m:1p. Установлено, что геномный импринтинг в первую очередь наблюдается именно в эндосперме [25] и редко в эмбрионе [26]. И как следствие, триплоидная ткань семени очень чувствительна к изменениям данного соотношения за счет родительского импринтинга, хотя молекулярные основы этого явления до сих пор неизвестны [27]. Любое отклонение от соотношения 2m:1p, полученное, например, путем скрещивания линий с различной ploidy, часто приводят к абортации семени, видимо из-за дисбаланса активных копий материнских и отцовских импринтированных локусов. Например, было показано, что у *A. thaliana* ген *ADMETOS* (*ADM*) отвечает за абортацию семян при скрещиваниях, приводящих к формированию несбалансированных эндоспермов (БЧЭ отличное от 2m:1p).

Доказательства, известные на сегодняшний день, наводят на мысль о том, что эффект дозы и импринтинг различных генов являются главными регуляторами развития эндосперма у покрытосеменных растений

[27]. Обратим внимание, что при скрещивании форм растений с различным числом хромосом геномный импринтинг выполняет функцию репродуктивного барьера, поскольку отклонения в нормальном развитии эндосперма ведут к абортации развития всего семени [28]. Также показано, что в эндосперме происходит импринтированная экспрессия генов, контролирующая не только рост и развитие питательной ткани, но и регулирующих перемещение запасных веществ в семя [29, 30]. Особенности протекания этих процессов рассмотрим ниже.

Несмотря на сходство плацентарной природы импринтинга у млекопитающих и цветковых растений, размножение у этих таксонов различается по многим аспектам. Кроме того, крайне мало известно о механизме переустановки эпигенетических меток в зародыше растений. В течение достаточно долгого времени эндосперм рассматривался как единственное место, где реализуется импринтинг. В настоящее время показано, что материнский аллель гена *MEE1* кукурузы экспрессируется в зародыше и эндосперме [26]. В этом случае импринтинг обусловлен метилированием проксимальной промоторной области этого гена.

Однако эти случаи единичны и, видимо, указывают на то, что удивительная асимметрия импринтированных генов зародыша возникает как побочный продукт, переносимый из окружающей ткани эндосперма. Недавние исследования импринтированных генов, экспрессирующихся в зародыше, показали, что некоторые гены регулируются не только за счет метилирования ДНК, но также при участии PRC2 комплекса [31].

Механизмы перепрограммирования центральной клетки зародышевого мешка. Молекулярные механизмы, объясняющие, почему центральная клетка подвергается такому массивному перепрограммированию, остается загадкой [1–3]. Одно объяснение состоит в том, что мобильные малые РНК из центральной клетки не способны действовать автономно, чтобы заставить умолкнуть мобильные генетические элементы (МГЭ) в соседней яйце-

клетке и позднее в зиготе. Но эта теория требует экспериментального подтверждения. Эпигенетические изменения в центральных клетках могут также быть важными для маркирования генов в женской центральной клетке до оплодотворения, которое могло бы позднее создать ассиметричную генную экспрессию, наблюдаемую в значительном числе импринтированных генных локусов у растений.

Активное деметилирование ДНК реактивирует экспрессию МГЭ, производя дополнительные малые интерферирующие РНК, которые могут управлять ДНК метилированием [32]. Экспрессия малых интерферирующих РНК в развитии эндосперма специфически происходит от материнских хромосом, указывая на геномный импринтинг. Сообщалось, что малые интерферирующие РНК, произведенные в эндосперме, перемещаются в яйцеклетку для осуществления метилирования ДНК, видимо, для усиления сайленсинга в зародышевых клетках [7]. Этот механизм, вероятно, нацелен на подавление активности МГЭ в зародыше; однако «умеренное» оживление транспозонов в эндосперме может не быть вредным, поскольку эндосперм не наследуется в следующих поколениях.

У *A. thaliana* с помощью метилирования ДНК устанавливаются различные хроматиновые метки на повторяющихся последовательностях ДНК вблизи материнских или отцовских аллелей. Причем метилирование отцовских аллелей может привести к сайленсингу их экспрессии, в то время как деметилирование материнских аллелей может сделать их транскрипционно активными [33–36]. Также существует предположение о том, что малые РНК могут иметь значительное влияние на дифференциальную экспрессию родительских генов [37].

Мутации в любом из генов FIS комплекса вызывают неконтролируемую пролиферацию центральной клетки и развитие семенной кожуры при отсутствии оплодотворения, приводя к формированию семяподобных структур, содержащих диплоидный эндосперм, которые со временем abortируются [38]. Однако семена, полученные от тех же самых

мутантов (loss-of-function mutants), также погибают после оплодотворения. Эти факты демонстрируют дефекты развития эмбриона и эндосперма [14, 15, 39]. Приведенные примеры подтверждают, что белковый FIS комплекс подавляет эндоспермогенез при отсутствии опыления, а в случае оплодотворения содействует нормальному развитию зародыша и эндосперма. Эксперименты показали, что основной функцией комплекса FIS-PRC2 является поддержание баланса между родительскими геномами и предотвращение генетического конфликта, а также комплекс FIS-PRC2 играет центральную роль в регуляции развития эндосперма и зародыша [27].

Установлено, что проявление мутации в генах FIS комплекса зависит, от какого родительского растения была унаследована аллель. Так, все семена, получившие мутантные аллели от материнского растения, погибают, несмотря на присутствие отцовского аллеля дикого типа. Развитие в них задерживается и со временем семя с зародышем в поздней сердцевидной стадии и нецеллюляризованным эндоспермом abortируется [14]. Мутации генов, вовлеченных в геномный импринтинг, как правило имеют сильные фенотипические эффекты при развитии семян, указывая на то, что импринтинг необычайно важен для процессов развития. Почему геномный импринтинг имеет место? Существуют несколько правдоподобных теорий, с которыми можно ознакомиться в специальных обзорах [1–3].

Все вышеизложенные факты, касающиеся геномного импринтинга, были получены для растений с классическим половым размножением. Вместе с тем существует бесполое размножение цветковых растений, где геномный импринтинг протекает в весьма специфических условиях. Рассмотрим эти примеры ниже.

Апомиксис и особенности развития эндосперма у апомиктов. Апомиксис (от греч. аро без + *mixis* смешение) – это бесполое размножение цветковых растений семенами, при котором зародыши возникают без мейоза и

оплодотворения [40, 41]. Прикладное использование апомиксиса обещает экономические и социальные выгоды, превышающие выигрыш от «зеленой революции», решившей проблему голода во многих развивающихся странах. Так, только прибыль от мирового производства апомиктического риса оценивается более чем в 2.5 млрд \$ в год [41]. Вплоть до настоящего времени молекулярные механизмы, контролирующие апомиксис, изучены слабо [42–44]. К настоящему времени все попытки выделить гены-кандидаты из различных модельных систем апомиксиса закончились неудачей [41, 45]. Альтернативная стратегия в понимании природы апомиксиса – это получение и последующее использование апомиксис-подобных мутантов у растений с половым размножением. Этот подход может привести к успеху при конструировании апомиксиса у растений за счет комбинирования мутаций в сфере формирования женского гаметофита. Идея конструирования апомиксиса *de novo* за счет дерегуляции генов, вовлеченных в половой процесс у растений, прежде всего у *A. thaliana*, была высказана еще в 1993 г. [46].

К настоящему времени хорошо известно, что женский гаметофит контролирует развитие зародыша и эндосперма, подавляя их развитие в отсутствие фертилизации через импринтинг. У многих растений, включая *A. thaliana* [27], формирование эндосперма не происходит вовсе или эндосперм существенно ослаблен, когда отношение родительских геномов отличается от нормального 2m:1p. Это требование соблюдения БЧЭ поддерживается некоторыми апомиктами за счет модификаций при формировании зародышевого мешка, так что зрелый зародышевый мешок содержит только 4 ядра вместо 8. У других апомиктов БЧЭ 2:1 не соблюдается и варьирует от 4:1 до 8:0. Так, у апомиктических представителей рода *Boechea* воспроизводство семян более стабильно у триплоидов, чем у диплоидов [47, 48]. Была выдвинута гипотеза, что вариабельность семенной репродукции у диплоидных апомиктов коррелирует с преодолением ограничений в ходе развития

эндосперма [48], а также вкладом пыльцы (различных уровней ploидности) в формирование эндосперма [47]. Изменение БЧЭ может влиять на размер семени за счет изменения экспрессии импринтированных генов [49].

Изучение мутантных по *MSI1* гену PRC2 комплекса растений *A. thaliana* позволило предположить, что его продукт участвует в задержке развития яйцеклетки при отсутствии оплодотворения. Так, любые мутации в гене *MSI1* приводят к автономным делениям яйцеклетки, в результате чего формируются нежизнеспособные эмбрионы [50]. Возможно, что полный материнский контроль размножения (например, при апомиксисе) может быть достигнут посредством модификации эпигенетических программ, контролирующих импринтинг.

Наши результаты в исследовании импринтированных генов эндоспермогенеза. Очевидно, импринтинг некоторых генов, в частности тех, что кодируют компоненты PRC2 комплекса, очень важен при решении многих биотехнологических проблем, например, инжиниринга апомиксиса. Известно несколько взаимодополняющих подходов, используемых для интродукции апомиксиса в амфимиктичные растения. Один из них, ориентированный на выделение генов апомиксиса, пока не привел к успеху. Другой подход связан с идентификацией и анализом апомиксис-подобных мутантов у амфимиктичных модельных организмов, таких как *A. thaliana*, кукуруза и рис. Изучение этих организмов также нацелено на построение функционального апомиксиса в амфимиктичных видах посредством превращения амфимиксиса в апомиксис при понимании всей сложности геномного импринтинга. Эти подходы могут привести к биотехнологическому решению проблемы интродукции апомиксиса в важные сельскохозяйственные виды. Так, для должного контроля семенной репродукции растений важно знать множественные механизмы эндоспермогенеза. Известно, что у *A. thaliana* гены *FERTILIZATION-INDEPENDENT ENDOSPERM (FIE)* [39], *MEDEA (MEA)* [14]

и *FERTILIZATION-INDEPENDENT SEED2 (FIS2)* [38] подавляют развитие эндосперма в отсутствие оплодотворения. Возможно, супрессия этих генов могла бы инициировать процесс автономного развития эндосперма и контролировать размер семян.

Наши исследования были нацелены на создание конструкций с пониженной экспрессией генов *FIE*, *MEA* и *FIS2*. Новизна нашего подхода основана на предположении, что столь сложно наследуемый признак, как апомиксис, может быть итогом «дерегуляции» полового размножения. При этом целенаправленная регуляция активности ключевых генов полового размножения поможет реконструировать апомиксис *de novo* у *A. thaliana*. Таким образом, стратегия переноса генов, участвующих в автономном (независящем от опыления) формировании эндосперма, будет использована для конструирования апомиксиса *de novo* и последующего сравнительного анализа особенностей их наследования и функционирования в различных генотипах растений с измененной экспрессией изучаемых генов. В наших экспериментах мы клонировали фрагменты импринтированных генов эндоспермогенеза *MEA*, *FIE*, *FIS2* и гена апомейоза *DYAD* (в качестве контроля) и поставили под контроль конститутивного и мейоз-специфичного промоторов [51]. Эти конструкции были введены в растения *A. thaliana* через пыльцевую трубку и на основе этих генных модулей получены растения *A. thaliana* с измененной экспрессией генов *MEA*, *FIE*, *FIS2*. Очевидно, что прогресс при воссоздании апомиксиса (бесполо-семенного размножения) или апомиксис-подобных фенотипов у растений с исходным половым (семенным) размножением за счет дерегуляции генов эндоспермогенеза невозможен без понимания природы импринтинга.

Заключение. Суммируя сведения, известные на сегодняшний день, подчеркнем, что геномный импринтинг имеет в своей основе избирательную эпигенетически обусловленную экспрессию аллелей некоторых генов, имеющих разное родительское происхождение.

ние. Однако биологические роли подавляющего большинства импринтированных генов растений неизвестны, и эволюционные силы, лежащие в основе импринтинга, остаются гипотетическими. Например, полагают, что одной из функций PRC2 комплекса является репрессия клеточной пролиферации в отсутствие оплодотворения. После оплодотворения, однако, клеточная пролиферация быстро индуцируется, предположительно через дерепрессию генов-мишеней PcG. Это показывает, что PcG-репрессия является состоянием «по умолчанию», которое должно быть преодолено неким неизвестным механизмом, чтобы стал возможным нормальный ход развития.

В настоящее время приходит понимание сложности механизмов импринтинга, активно вовлеченных в процесс семенной репродукции цветковых растений. Еще более сложными и интригующими представляются процессы импринтинга при бесполосеменном размножении, где существуют весьма специфичные механизмы развития эндосперма. Так, эндосперм гаметофитных апомиктов формируется псевдогамно или автономно, может требовать или не требовать оплодотворения центральной клетки зародышевого мешка. Однако у большинства апомиктов центральная клетка зародышевого мешка возникает в ходе слияния 2-х нередуцированных материнских ядер и обычно оплодотворяется редуцированным спермием, что приводит к отношению хромосом в эндосперме в пропорции 4m:1p. Следовательно, у апомиктов эндосперм способен формироваться, несмотря на очевидное нарушение пропорции геномов в БЧЭ, и формировать функциональные семена.

Вопросы импринтинга среди множества проблем семенной репродукции имеют особую практическую значимость. Существует гипотеза о том, что с помощью импринтинга определенных последовательностей можно регулировать размер семян [52]. Было обнаружено, что увеличение числа копий материнского генома вызывает преждевременную целлюляризацию эндосперма и, как следствие, ведет к образованию маленьких семян.

В свою очередь, повышение дозы отцовского генома приводит к задержке, либо к полной остановке деления клеток эндосперма, в результате чего происходит абортирование семени с очень высокой частотой [49]. Возможно, такие дефекты развития ассоциированы с дерегуляцией генов, которые полностью или частично контролируются комплексом FIS-PRC2. Явление уменьшенного размера семян в ответ на избыток копий материнского генома было известно давно, однако, молекулярные механизмы, лежащие в основе этого феномена, до сих пор остаются неизвестными. У млекопитающих и у цветковых растений, у которых был обнаружен импринтинг, существуют фенотипические и молекулярные доказательства того, что большинство (хотя и не все) активных отцовских аллелей импринтируемых локусов способствуют росту потомства, в то время как активные материнские аллели подавляют его [4]. Это объясняет, почему увеличение относительной дозы отцовского генома коррелирует с увеличением пролиферации эндосперма и размера семян, тогда как увеличение относительной дозы материнского генома приводит к противоположному эффекту.

В природе известно существование видов растений, которые размножаются бесполосеменным (апомиктичным) способом. Под этим термином принято понимать клоновое размножение растений через семенную фазу. В этом случае зародыш формируется из диплоидной материнской клетки без участия генетического материала отца и является абсолютной копией матери [41, 42, 45]. Долгое время полагали, что для формирования апомиктичных потомков необходимы и достаточны два фактора – апомейоз и партеногенез. В настоящее время очевидным является необходимость преодоления дозового барьера при развитии эндосперма у псевдогамных апомиктов, где в силу специфических нарушений в мейозе соотношение материнских и отцовских геномов у потомков сильно отклоняется от нормы у форм с половым размножением. Таким образом, третьим необходимым фактором является зависимость разви-

тия эндосперма от дозового соотношения геномов родителей. Принимая все это во внимание, подчеркнем, что установление функций импринтированных генов растений должно иметь особый приоритет. Очевидно, геномный импринтинг, зависящий от соотношения материнского и отцовского геномов, представляет серьезную проблему при конструировании апомиксиса у видов с половым типом размножения в инициации эмбриогенеза без оплодотворения.

Подводя краткий итог нашего обзора, отметим, что в последнее время проблеме геномного импринтинга растений уделяется большое внимание и опубликованы десятки статей по этой тематике [27].

Работа была выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ_Поволжье № 14-04-97089.

ЛИТЕРАТУРА

- Ohnishi T., Sekine D., Kinoshita T. Genomic imprinting in plants: what makes the functions of paternal and maternal genes different in endosperm formation? // *Adv Genet.* 2014. V. 86. P. 1–25.
- Garcia-Aguilar M., Gillmor C.S. Zygotic genome activation and imprinting: parent-of-origin gene regulation in plant embryogenesis // *Current Opinion in Plant Biology.* 2015. V. 27. P. 29–35.
- Rodrigues J.A., Zilberman D. Evolution and function of genomic imprinting in plants // *Genes & Development.* 2015. V. 29. P. 2517–2531.
- Alleman M., Doctor J. Genomic imprinting in plants: observations and evolutionary implications // *Plant Mol Biol.* 2000. Vol. 43, № 2–3. P. 147–161.
- Bai F., Settles A. M. Imprinting in plants as a mechanism to generate seed phenotypic diversity // *Frontiers in Plant Science. Plant Evolution and Development.* 2015. V. 5. Art. 780.
- Gehring M., Bubb K.L., Henikoff S. Extensive demethylation of repetitive elements during seed development underlies gene imprinting // *Science.* 2009. V. 324. P. 1447–1451.
- Hsieh T.F., Ibarra C.A., Silva P., Zemach A., Eshed-Williams L., Fischer R.L., Zilberman D. Genome-wide demethylation of Arabidopsis endosperm // *Science.* 2009. V. 324. P. 1451–1454.
- Zemach A., Kim M.Y., Silva P., Rodrigues J.A., Dotson B., Brooks M.D., Zilberman D. Local DNA hypomethylation activates genes in rice endosperm // *Proc Natl Acad Sci.* 2010. V. 107. P. 18729–18734.
- Choi Y., Gehring M., Johnson L., Hannon M., Harada J.J., Goldberg R.B., Jacobsen S.E., Fischer R. LDEMETER, a DNA glycosylase domain protein, is required for endosperm gene imprinting and seed viability in Arabidopsis // *Cell.* 2002. V. 110. P. 33–42.
- Schoft V.K., Chumak N., Choi Y., Hannon M., Garcia-Aguilar M., Machlicova A., Slusarz L., Mosiolek M., Park J.S., Park G.T., et al. Function of the DEMETER DNA glycosylase in the Arabidopsis thaliana male gametophyte // *Proc Natl Acad Sci.* 2011. V. 108. P. 8042–8047.
- Zhang M., Zhao H., Xie S., Chen J., Xu Y., Wang K., Guan H., Hu X., Jiao Y., Song W. et al. Extensive, clustered parental imprinting of protein-coding and noncoding RNAs in developing maize endosperm // *Proc Natl Acad Sci.* 2011. V. 108. P. 20042–20047.
- Zhang M., Xie S., Dong X., Zhao X., Zeng B., Chen J., Li H., Yang W., Zhao H., Wang G. et al. Genome-wide high resolution parental-specific DNA and histone methylation maps uncover patterns of imprinting regulation in maize // *Genome Res.* 2014. V. 24. P. 167–176.
- Kohler C., Wolff P., Spillane C. Epigenetic mechanisms underlying genomic imprinting in plants // *Annu Rev Plant Biol.* 2012. V. 63. P. 331–352.
- Grossniklaus U., Vielle-Calzada J.P., Hoepfner M.A., Gagliano W.B. Maternal control of embryogenesis by MEDEA, a polycomb group gene in Arabidopsis // *Science.* 1998. V. 280. P. 446–450.
- Luo M., Bilodeau P., Dennis E.S., Peacock W.J., Chaudhury A. Expression and parent-of-origin effects for FIS2, MEA, and FIE in the endosperm and embryo of developing Arabidopsis seeds // *Proc Natl Acad Sci.* 2000. V. 97. P. 10637–10642.
- Kohler C., Page D.R., Gagliardini V., Grossniklaus U. The Arabidopsis thaliana MEDEA Polycomb group protein controls expression of PHERES1 by parental imprinting // *Nat Genet.* 2005. V. 37. P. 28–30.
- Fitz Gerald J.N., Hui P.S., Berger F. Polycomb group-dependent imprinting of the actin regulator AtFH5 regulates morphogenesis in Arabidopsis thaliana // *Development.* 2009. V. 136. P. 3399–3404.
- Weinhofer I., Hehenberger E., Roszak P., Hennig L., Kohler C. H3K27me3 profiling of the endosperm implies exclusion of polycomb group protein targeting by DNA methylation // *PLoS Genet.* 2010. V. 6. DOI: 10.1371/journal.pgen.1001152.
- Kinoshita Y., Saze H., Kinoshita T., Miura A., Soppe W.J., Koornneef M., Kakutani T. Control of FWA gene silencing in Arabidopsis thaliana by SINE-related direct repeats // *Plant J.* 2007. V. 49. P. 38–45.
- Makarevich G., Villar C.B., Erilova A., Kohler C. Mechanism of PHERES1 imprinting in Arabidopsis // *J. Cell Sci.* 2008. V. 121. P. 906–912.
- Jermann P., Hoerner L., Burger L., Schubeler D. Short sequences can efficiently recruit histone H3 lysine 27 trimethylation in the absence of enhancer activity

- and DNA methylation // *Proc Natl Acad Sci*. 2014. V. 111. P. 3415–3421.
22. Heo J.B., Sung S. Vernalization-mediated epigenetic silencing by a long intronic noncoding RNA // *Science*. 2011. V. 331. P. 76–79.
23. Deleris A., Stroud H., Bernatavichute Y., Johnson E., Klein G., Schubert D., Jacobsen S.E. Loss of the DNA methyltransferase MET1 Induces H3K9 hypermethylation at PcG target genes and redistribution of H3K27 trimethylation to transposons in *Arabidopsis thaliana* // *PLoS Genet*. 2012. V. 8. DOI: 10.1093/nar/gks647.
24. Makarevitch I., Eichten S.R., Briskine R., Waters A.J., Danilevskaya O.N., Meeley R.B., Myers C.L., Vaughn M.W., Springer N.M. Genomic distribution of maize facultative heterochromatin marked by trimethylation of H3K27 // *Plant Cell*. 2013. V. 25. P. 780–793.
25. Bauer M.J., Fischer R.L. Genome demethylation and imprinting in the endosperm // *Curr Opin Plant Biol*. 2011. V. 14. P. 162–167.
26. Jahnke S, Scholten S. Epigenetic resetting of a gene imprinted in plant embryos // *Curr Biol*. 2009. V. 19. P. 1677–1681.
27. Kradofer D., Wolff P., Jiang H., Siretskiy A., Kohler C. An imprinted gene underlies postzygotic reproductive isolation in *Arabidopsis thaliana* // *Dev Cell*. 2013. V. 26. P. 525–535.
28. Kohler C., Kradofer D. Epigenetic mechanisms in the endosperm and their consequences for the evolution of flowering plants // *Biochim Biophys Acta*. 2011. V. 1809. P. 438–443.
29. Gutierrez-Marcos J.F., Costa L.M., Biderre-Petit C., Khbaya B., O’Sullivan D.M., Wormald M., Perez P., Dickinson H.G. Maternally expressed gene1 is a novel maize endosperm transfer cell-specific gene with a maternal parent-of-origin pattern of expression // *Plant Cell*. 2004. V. 16. P. 1288–1301.
30. Costa L.M., Yuan J., Rouster J., Paul W., Dickinson H., Gutierrez Marcos J.F. Maternal control of nutrient allocation in plant seeds by genomic imprinting // *Curr Biol*. 2012. V. 22. P. 160–165.
31. Raissig MT, Bemer M, Baroux C, Grossniklaus U. Genomic imprinting in the *Arabidopsis* embryo is partly regulated by PRC2 // *PLoS Genet*. 2013. V. 9. DOI: 10.1371/journal.pgen.1003862.
32. Ibarra C.A., Feng X., Schoft V.K., Hsieh T.F., Uzawa R., Rodrigues J.A., Zemach A., Chumak N., Machlicova A., Nishimura T., et al. Active DNA demethylation in plant companion cells reinforces transposon methylation in gametes // *Science*. 2012. V. 337. P. 1360–1364.
33. Kinoshita T., Miura A., Choi Y., Kinoshita Y., Cao X., Jacobsen S.E., Fischer R.L., Kakutani T. One-way control of FWA imprinting in *Arabidopsis* endosperm by DNA methylation // *Science*. 2004. V. 303. P. 521–523.
34. Jullien P.E., Katz A., Oliva M., Ohad N., Berger F. Polycomb group complexes self-regulate imprinting of the Polycomb group gene MEDEA in *Arabidopsis* // *Curr Biol*. 2006. V. 16. P. 486–492.
35. Hermon P., Srilunchang K.O., Zou J., Dresselhaus T., Danilevskaya O.N. Activation of the imprinted Polycomb Group Fie1 gene in maize endosperm requires demethylation of the maternal allele // *Plant Mol Biol*. 2007. V. 64. P. 387–395.
36. Tiwari S., Schulz R., Ikeda Y., Dytham L., Bravo J., Mathers L., Spielman M., Guzman P., Oakey R.J., Kinoshita T. et al. Maternally expressed PAB C-terminal, a novel imprinted gene in *Arabidopsis*, encodes the conserved C-terminal domain of polyadenylate binding proteins // *Plant Cell*. 2008. V. 20. P. 2387–2398.
37. Vu T.M., Nakamura M., Calarco J.P., Susaki D., Lim P.Q., Kinoshita T., Higashiyama T., Martienssen R.A., Berger F. RNA-directed DNA methylation regulates parental genomic imprinting at several loci in *Arabidopsis* // *Development*. 2013. V. 140. P. 2953–2960.
38. Chaudhury A.M., Ming L., Miller C., Craig S., Dennis E.S., Peacock W.J. Fertilization-independent seed development in *Arabidopsis thaliana* // *Proc Natl Acad Sci USA*. 1997. V. 94. P. 4223–4228.
39. Ohad N., Yadegari R., Margossian L., Hannon M., Michaeli D., Harada J.J., Goldberg R.B., Fischer R.L. Mutations in FIE, a WD Polycomb group gene, allow endosperm development without fertilization // *Plant Cell*. 1999. V. 11. P. 407–416.
40. Хохлов С.С. Апомиксис: классификация и распространение у покрытосеменных растений // *Успехи современной генетики*. 1967. Вып. 1. С. 43–105.
41. Barcaccia G., Albertini E. Apomixis in plant reproduction: a novel perspective on an old dilemma // *Plant Reprod*. 2013. V. 26. P. 159–179.
42. Gerashchenkov G., Rozhnova N. Genetic control of gametophytic apomixis: current status of knowledge // *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences*. 2004. Section B. V. 58, N 5/6. P. 167–174.
43. Геращенко Г.А., Рожнова Н.А. Мобильные генетические элементы в эволюции пола у растений // *Генетика*. 2010. Т. 46, № 11. С. 1445–1457.
44. Геращенко Г.А., Рожнова Н.А. Участие фитогормонов в регуляции пола у растений // *Физиология растений*. 2013. Т. 60, № 5. С. 634–648.
45. Hand M.L., Koltunow A.M.G. The Genetic Control of Apomixis: Asexual Seed Formation // *Genetics*. 2014. V. 197. P. 441–450.
46. Chaudhury A.M. and Peacock J.W. Approaches to isolating apomictic mutants in *Arabidopsis thaliana*: Prospects and progress // *Apomixis: Exploiting Hybrid Vigor in Rice*, G.S. Khush, ed (Manila, The Philippines: International Rice Research Institute). 1993. P. 66–71.
47. Voigt M.L., Melzer M., Rutten T., Mitchell-Olds T., Sharbel T.F. Gametogenesis in the apomictic *Boechera holboellii* complex: the male perspective //

Apomixis: Evolution, Mechanisms and Perspectives. A.R.G. Gantner Verlag, Ruggell. 2007. P. 235–257.

48. Aliyu O.M., Schranz M.E., Sharbel T.F. Quantitative variation for apomictic reproduction in the genus *Boechera* (Brassicaceae) // *Am J. Bot.* 2010. V. 97. P. 1719–1731.

49. Scott R.J., Spielman M., Bailey J., Dickinson H.G. Parent-of-origin effects on seed development in *Arabidopsis thaliana* // *Development.* 1998. V. 125. P. 3329–3341.

50. Guitton A.-E., Berger F. Control of reproduction by Polycomb Group complexes in animals and plants // *Int. J. Dev. Biol.* 2005. V. 49. P. 707–716.

51. Gerashchenkov G.A., Yasybaeva G.R., Rozhnova N.A., Chemeris A.V. Isolation of promoters and fragments of genes controlling endosperm development without fertilization in *Arabidopsis* and engineering of the antisense construction // *European J. of Molecular Biotechnology.* 2015. № 2. С. 56–62.

52. Xiao W., Brown R.C., Lemmon B.E., Harada J.J., Goldberg R.B., Fischer R.L. Regulation of seed size by hypomethylation of maternal and paternal genomes // *Plant Physiol.* 2006. V. 142. P. 1160–1168.



MECHANISMS OF GENOMIC IMPRINTING IN FLOWERING PLANTS

© G.A. Gerashchenkov, G.R. Yasybaeva, N.A. Rozhnova, A.V. Chemeris

Institute of Biochemistry and Genetics, Ufa Scientific Centre, RAS,
71, prospekt Oktyabrya 450054, Ufa, Russian Federation

Consideration is given to molecular mechanisms of genomic imprinting in plants. The paper discusses the peculiar features of the functioning of key imprinted genes involved in the formation of endosperm, analyzes the data known from literature in regard to interrelation between genomic imprinting in endosperm and apomictic development and reveals possible imprinting-related problems in de novo engineering of apomixis.

Key words: genomic imprinting, DNA methylation, histone modification, chromatin remodelling, engineering of apomixis.

ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТОЯНИЯ ЭПИФИТНОЙ ЛИХЕНОФЛОРЫ ООПТ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА

© З.М. Ханов

Дается характеристика состояния эпифитной флоры лишайников двух особо охраняемых территорий Центрального Кавказа (в пределах Кабардино-Балкарской Республики) – Кабардино-Балкарского высокогорного государственного природного заповедника и Национального парка «Приэльбрусье».

Характер и свойства субстрата для многих лишайников являются первостепенными условиями их существования, следовательно, особенности распространения субстратов должны обуславливать и особенности распространения лишайников. В пределах какой-либо территории эпифитные лишайники обнаруживают неоднородность пространственного распределения в связи с разной приуроченностью тех или иных видов лишайников к тем или иным видам форофитов.

Выявлено 85 видов эпифитных лишайников. Исследования показали, что использование индекса видоспецифичности показывает эффективность установления специфичности состава эпифитов разных видов деревьев. Наибольшей видоспецифичностью обладает форофит береза, наименьшим – ива и рябина. В зависимости от количества заселяемых форофитов эпифитные лишайники исследуемой территории нами разделены на три группы. По систематической структуре первая экологическая группа относится к Parmeliaceae-типу. В состав второй экологической группы входят виды лишайников, обитающих только на коре лиственных деревьев (кроме березы). Эта группа по систематической структуре относится к Lecanogaseae-типу. Третью экологическую группу образуют виды эпифитов, поселяющихся на всем спектре видов форофитов. Таксономический спектр этой группы можно назвать Physciaceae-типом. В первой и второй экологической группах преобладают стенотопные лишайники (со значительной долей олиготопных), а в третьей группе – эвриотопные лишайники (также со значительной долей олиготопных).

Полученные нами для ООПТ КБР экологические группы эпифитных лишайников, имеющих место и в лишенобиотах других территорий, указывают на перспективность данных исследований.

Ключевые слова: эпифиты, форофит, лишайник, ООПТ, Центральный Кавказ.

Лишайники, как и другие организмы, занимают определенную экологическую нишу, определенные местообитания. Установлено, что на распространение лишайников оказывают влияние климатические условия, субстрат и антропогенный фактор [1–4].

Поскольку характер и свойства субстрата для многих лишайников являются первостепенными условиями их существования, то, следовательно, особенности распространения субстратов должны обуславливать и особенности распространения лишайников, что и подтверждается многочисленными данными [5].

Эпифиты – одна из наиболее многочисленных эколого-субстратных групп любой ли-

хенобиоты бореальной зоны. В пределах какой-либо территории эпифитные лишайники обнаруживают неоднородность пространственного распределения в связи с разной приуроченностью тех или иных видов лишайников к тем или иным видам форофитов [6]. Большинство авторов считают главной причиной, от которой зависит специфический состав лишайников отдельных форофитов, разницу в физико-химических свойствах коры деревьев, в первую очередь кислотности и влагоемкости [7, 8]. В то же время [7] говорит, что некоторое влияние на распределение эпифитов должна оказывать структура лесного полога и те или иные предпочтения в вы-

боре местообитаний самих форофитов. Многие отечественные авторы [5, 6 и др.] также склоняются к тому, что одними лишь свойствами субстрата нельзя объяснить закономерности распределения эпифитов по видам деревьев. Изучению эпифитных лишайников конкретных территорий посвящены многочисленные работы [1, 2, 5, 6], однако Центральный Кавказ в этом отношении остается малоизученным. Поэтому для своего исследования мы выбрали особо охраняемые природные территории (ООПТ) Кабардино-Балкарской республики (КБР) – Кабардино-Балкарский высокогорный государственный природный заповедник (КБВГПЗ) и Национальный парк «Приэльбрусье» (НПП) (рис. 1). Высокогорный заповедник расположен на юге Кабардино-Балкарской Республики, охватывая высокогорные части трех административных районов – Чегемского, Черекского и Лескенского. Территория КБВГПЗ состоит из

пяти участков: Башиль-Чегемский, Черек-Безенгийский, Верхнебалкарский, Суканский и Хазнидонский. В целом заповедник является частью горной системы Центрального Кавказа и почти целиком расположен на высотах от 1600 м над ур. м., где значительная часть территории труднодоступна для человека в течение круглого года. Современное оледенение территории заповедника значительно. Соответственно, в этих условиях формируется специфический гляциальный климат, который, безусловно, оказывает определенное влияние на развитие растительного покрова.

В климатическом отношении заповедник входит в высокогорную зону Большого Кавказа. Климат умеренно континентальный, сравнительно холодный и влажный. Резко выраженный рельеф и большие перепады высот обуславливают значительные отличия погодно-климатических особенностей отдельных участков. На высоте 3000 м над ур. м.

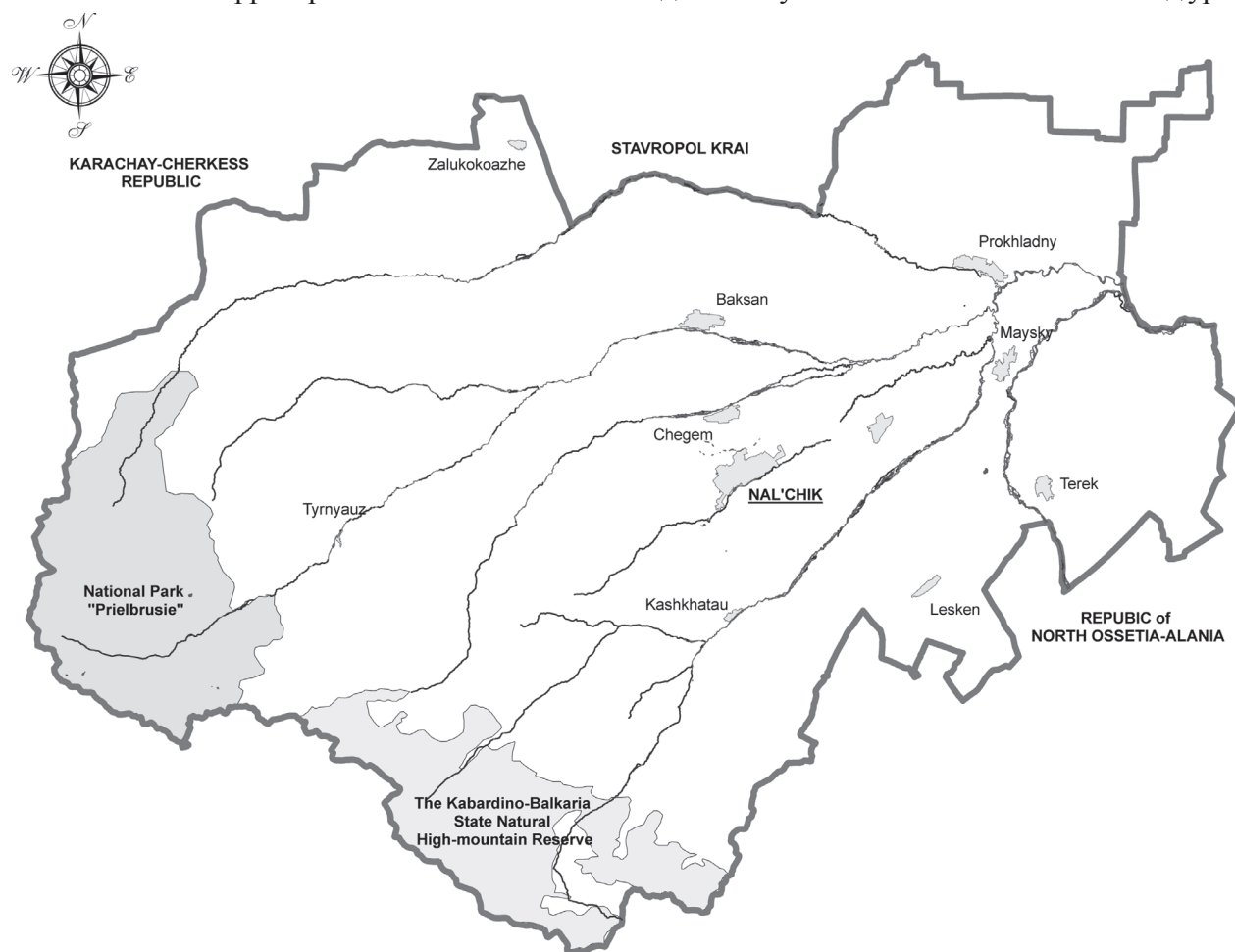


Рис. 1. Картограмма расположения федеральных ООПТ на территории Кабардино-Балкарии

среднемесячная температура января -11°C (минимум -28°C), июля $+8^{\circ}\text{C}$ (максимум $+30^{\circ}\text{C}$). Снежный покров держится с октября до апреля–мая, в горах (выше 3500 м) – круглый год. Безморозный период около 90 дней. Годовая сумма осадков примерно 900 мм, из которых за вегетационный период выпадает около 350 мм. Для весны характерны значительные колебания температур, облачная погода, кратковременные, но частые осадки. Лето прохладное, часты дожди; средняя температура июля 15°C . Осень сухая, с туманами; преобладает облачная погода. Относительная влажность – 67 %. Число часов солнечного сияния 1849 в год. Преобладают горно-долинные ветры (средняя скорость 2 м/с).

Национальный парк «Приэльбрусье» (НПП) расположен в среднегорной и высокогорной зонах Бокового и Главного хребтов Центрального Кавказа и включает два участка – Баксанский и Малкинский (рис. 1).

Климат парка в целом умеренно-континентальный, с холодной зимой и жарким летом. По мере увеличения высоты над уровнем моря засушливый климат равнин переходит в бореальный климат лесов и горных лугов. В высокогорьях климат характеризуется как исключительно суровый, холодный и сухой. Климатические особенности территории определяются очень сложным рельефом, значительной разницей абсолютных высот над уровнем моря и влиянием ледников. Самый холодный месяц – февраль с температурами от $-17,7^{\circ}\text{C}$ в высокогорьях (4100 м над ур. м.) до $-3,4^{\circ}\text{C}$ в долинах (1467 м); самый теплый – август: от $+17,0^{\circ}\text{C}$ в долинах (1467 м) до $+0,2^{\circ}\text{C}$ в высокогорьях (4100 м). С ростом высоты происходит увеличение от-

носительной влажности воздуха: на высоте 3700 м она составляет 73%. В течение года преобладают западные и северо-западные ветры, а на пике Терскол – западные и юго-западные. За год в среднем выпадает 791 мм осадков, большая часть их приходится на период с апреля по октябрь. С ростом высоты количество осадков увеличивается. Летние осадки имеют ливневый характер и часто сопровождаются грозами. Микроклимат также меняется в зависимости от экспозиции склона: на южных склонах он более теплый и сухой, на северных – холодный и влажный. Атмосферное давление в среднем составляет 610 мм рт. ст.

Сбор материала осуществлялся маршрутным методом в течение полевых сезонов 2007–2014 гг. Для анализа использовались данные по десяти основным форофитам ООПТ (табл. 1). Номенклатура семейств приведена по О. Эриксону [9], видов – по Р. Сантессону [10].

На исследуемой территории на коре живых деревьев встречено 85 видов лишайников, что составляет 34% всей лишайнофлоры ООПТ. Из них только немногим более половины (80 видов) являются облигатными эпифитами.

В табл. 1 приведено количество лишайников, встречающихся на каждом форофите, а также специфичность состава эпифитов разных видов деревьев.

Наши данные лишь отчасти согласуются с выводом [5] о том, что максимальное число видов эпифитов отмечается, как правило, на тех форофитах, которые наиболее обычны в исследуемом районе. Для территории как нацпарка, так и заповедника преобладающими являются сосново-березовые леса. И действи-

Т а б л и ц а 1

Количество видов лишайников на форофитах ООПТ КБР

	С	Б	Ос	Д	К	Бк	Ол	М	И	Р
Общее число видов	34	60	6	4	3	3	2	2	1	1
Индекс видоспецифичности	0.26	0.37	0.07	0.05	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01

Примечание. С – сосна, Б – береза, Д – дуб, Ос – осина, К – клен, Ол – ольха, И – ива, Бк – бук, Р – рябина, М – можжевельник. 2. Индекс видоспецифичности = число специфичных видов / общее число видов.

тельно, общее число эпифитных лишайников на хвойных деревьях и березе почти в четыре раза превышает количество эпифитов на лиственных деревьях.

Столь большое количество видов лишайников на березе, на наш взгляд, можно объяснить несколькими причинами. Во-первых, это сильная изменчивость физико-химических свойств коры этого форофита. Так, ее кислотность может быть такой же низкой, как у сосны, а может подниматься до значений pH ольхи, клена и отчасти осины. Во-вторых, это наклон ствола, который у березы может варьировать от вертикального до горизонтального. И, в-третьих, это разнообразие биотопов, в которых встречается береза: ее можно найти и в пойме, и у верхней границы леса.

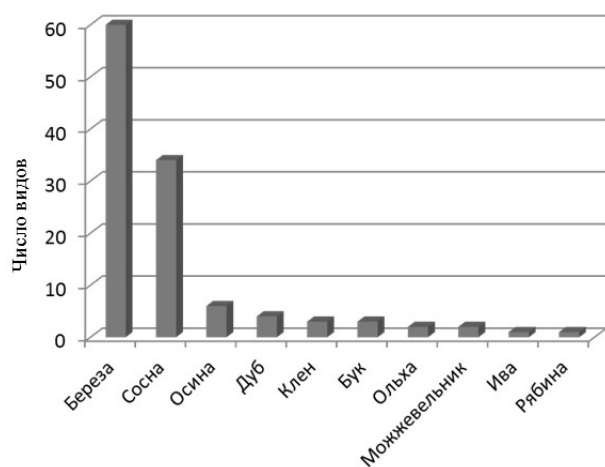


Рис. 2. Распределение видов лишайников по древесным породам

Эпифитные лишайники различаются по количеству видов деревьев, которые они заселяют. Некоторые встречаются на всех без исключения форофитах, однако большинство из них ограничены в своем распространении 1–3 видами деревьев. На гистограмме (рис. 2) показано число видов лишайников, произрастающих только на одном, двух и т.д. форофитах.

В зависимости от количества заселяемых форофитов эпифитные лишайники исследуемой территории можно разделить на три группы.

1. Стенотопы. 68 видов, встреченных только на каком-либо одном форофите, например *Alectoria sarmentosa* (Ach.) Ach. ssp. *sarmentosa*, *Bacidia rubella* (Hoffm.) A. Massal., *Chaenotheca furfuracea* (L.) Tibell, *Bryoria fuscescens* (Gyeln.) Brodo D. & Hawksw., *Calicium adaequatum* Nyl., *Letharia vulpina* (L.) Hue, *Leptogium burnetiae* C.W. Dodge, *Xanthoria candelaria* (L.) Th. Fr., *Vulpicida juniperinus* (L.) J.-E. Mattson & M.J. Lai и др. Больше всего стенотопных лишайников произрастает на березе (32 вида). Нужно отметить, что в большинстве случаев ограничение вида одним форофитом совпадает со случаями единичных находок лишайников на изучаемой территории. Поэтому однозначно утверждать об узкой специализированности всех эпифитов, попавших в эту группу, было бы ошибочным.

2. Олиготопы. 13 видов, встреченных на 2–3 более форофитах, например *Anaptychia*

Т а б л и ц а 2

Таксономические спектры эпифитных лишайников

Семейства	На разных породах	Лиственные (кроме березы)	Береза	Сосна
<i>Parmeliaceae</i>	6	1	13	11
<i>Candelariaceae</i>			1	1
<i>Caliciaceae</i>		2		
<i>Collemataceae</i>	1		1	
<i>Coniocybaceae</i>			1	
<i>Chrysotrihaceae</i>				1
<i>Lobariaceae</i>			1	
<i>Lecanoraceae</i>		1	2	1
<i>Physciaceae</i>	1	2	4	1
<i>Porpidiaceae</i>	1			
<i>Teloschistaceae</i>	2	2		
<i>Ramalinaceae</i>		1	1	
<i>Graphidaceae</i>		1		
<i>Stereocaulaceae</i>			1	1

ciliaris (L.) Korber, *Bryoria chalybeiformis* (L.) Brodo & D. Hawksw., *Caloplaca cerina* (Ehrh. ex Hedw.) Th.Fr., *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Usnea florida* (L.) Weber ex F.H. Wigg. и др.

Некоторые виды этой группы предпочитают какой-либо один форофит, встречаясь на остальных деревьях лишь изредка. Например, *Caloplaca cerina* (Ehrh. ex Hedw.) Th. Fr. и *Usnea florida* (L.) Weber ex F.H. Wigg. чаще всего встречаются на березе и реже на сосне.

3. Эвритопы. 4 вида, встреченных на четырех и более форофитах, например *Melanelia exasperatula* (Nyl.) Essl., *Vulpicida pinastri* (Scop.) J.-E. Mattsson & M. J. Lai, *Xanthoria polycarpa* (Hoffm.) Th. Fr., *Usnea hirta* (L.) Weber. ex F.H. Wigg.

Среди эпифитов, поселяющихся на сосне и березе, преобладают лишайники семейства *Parmeliaceae*. Первое место в таксономическом спектре эпифитов лиственных занимают семейства *Caliciaceae*, *Lecanoraceae*, *Physciaceae* и *Teloschistaceae*. Семейство *Physciaceae* наиболее многочисленно среди лишайников, встречающихся на форофитах обоих кластеров. Эти таксономические спектры можно назвать соответственно *Parmeliaceae*-тип, *Lecanoraceae*-тип и *Physciaceae*-тип.

Таксономический спектр *Parmeliaceae*-типа образуют 7 семейств, среди которых специфическими являются следующие: *Parmeliaceae*, *Caliciaceae*, *Lobariaceae*, *Coniocybaseae*. В состав таксономического спектра *Lecanoraceae*-типа входят 3 семейства, среди которых специфическим является *Graphidaceae* (только на буке с одним видом *Graphis scripta* (L.) Ach.).

Таксономический спектр *Physciaceae*-типа состоит из 4 семейств, и только одно из них является специфическим – *Collemataceae* (с одним видом *Leptogium burnetiae*).

Основываясь на вышеприведенных данных, эпифитные лишайники ООПТ можно разделить на три экологические группы. Виды первой группы обитают только на коре сосны и/или березы. Таких эпифитов на исследуемой территории 94 вида. По систематической структуре первая экологическая группа относится к *Parmeliaceae*-типу. В состав второй экологической группы входит 9 видов

лишайников, обитающих только на коре лиственных деревьев (кроме березы). Эта группа по систематической структуре относится к *Lecanoraceae*-типу. Третью экологическую группу образуют 17 видов эпифитов, поселяющихся на всем спектре видов форофитов. Таксономический спектр этой группы можно назвать *Physciaceae*-типом. В первой и второй экологической группах преобладают стенотопные лишайники (со значительной долей олиготопных), а в третьей группе – эвритопные лишайники (также со значительной долей олиготопных).

Наши результаты совпадают с результатами [6] для Южного Урала. Две подобные группы можно наблюдать и в Финляндии [7]: эпифиты ели, сосны, березы и эпифиты ольхи, ивы, осины. Таким образом, полученные нами для ООПТ КБР экологические группы эпифитных лишайников имеют место и в лишайнобиотах других территорий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голубкова Н.С. Анализ флоры лишайников Монголии. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1983. 248 с.
2. Криворотов С.Б. Лишайники и лишайниковые группировки Северо-Западного Кавказа и Предкавказья (флористический и экологический анализ). Краснодар: Изд-во КубГУ, 1997. 201 с.
3. Ханов З.М. Эколого-физиологическая характеристика лишайников охраняемых территорий Кабардино-Балкарской Республики: дис. ... канд. биол. наук. Нальчик: КБГУ, 2005. 195 с.
4. Ханов З.М., Пшегусов Р.Х. Опыт использования пространственного анализа и моделирования распространения избранных видов лишайников Центрального Кавказа (на примере Кабардино-Балкарской Республики) // Лихенология в России: актуальные проблемы и перспективы исследования: Труды II Международной конференции. СПб., 2014. С. 221–230.
5. Макрый Т.В. Лишайники Байкальского хребта. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. 200 с.
6. Фролов И.В. Экологические группы эпифитных лишайников Южного Урала // Вестник ОГУ. 2009. № 1. С. 115–119.
7. Kuusinen M. Epiphytic lichen flora and diversity in old growth boreal forests of Finland // Publ. Bot. Univ. 1996. Vol. 23. P. 1–29.
8. Kuusinen M. Epiphyte flora and diversity on basal trunks of six old growth forest tree species in southern and middle boreal. Finland, 1996.

9. Eriksson O.E. Outline of the ascomycota – 2006 // Systema Ascomycetum. 2005. Vol. 12. P. 1–82.
 10. Santesson R. The Lichens and Lichenicolous Fungi of Sweden and Norway. Lund. 1993. 240 p.

References

1. Golubkova N.S. Analysis of the lichen flora of Mongolia. Leningrad, Nauka Leningradskoe otdelenie, 1983. 248 p.
 2. Krivorotov S.B. Lichens and lichen species groups of the North-West Caucasus and the Cis-Caucasus (floristic and ecological analysis). Second edition, supplemented and revised. Krasnodar, KubGU, 1997. 201 p.
 3. Khanov Z.M. Ecological and physiological characteristics of lichens in protected areas of the Kabardino-Balkar Republic. PhD Thesis in Biology. Nalchik, KBGU, 2005. 195 p.
 4. Khanov Z.M., Pshegusov R.Kh. Practice of using spatial analysis and distribution modelling of selected

lichen species of the Central Caucasus (with the Kabardino-Balkar Republic taken as an example). Trudy II Mezhdunarodnoy konferentsii «Likhenologiya v Rossii: aktualnye problemy i perspektivy issledovaniya». St. Petersburg, 2014, pp. 221–230.

5. Makryy T.V. Lichens of the Baikal Ridge. Novosibirsk, Nauka, 1990. 200 p.

6. Frolov I.V. Ecological groups of epiphytic lichens of the South Urals. Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta, 2009, no. 1, pp. 115–119.

7. Kuusinen M. Epiphyte lichen flora and diversity in old growth boreal forests of Finland. Publ. Bot. Univ. Helsinki, 1996, vol. 23, pp. 1–29.

8. Kuusinen M. Epiphyte flora and diversity on basal trunks of six old growth forest tree species in southern and middle boreal Finland. 1996. Manuscript.

9. Eriksson O.E. Outline of the ascomycota – 2006. Systema Ascomycetum, 2005, vol. 12, pp. 1–82.

10. Santesson R. The lichens and lichenicolous fungi of Sweden and Norway. Lund. 1993. 240 p.

CHARACTERISTICS OF EPIPHYTIC LICHEN FLORA CURRENT STATE IN SPECIALLY PROTECTED NATURAL AREAS OF THE CENTRAL CAUCASUS

© Z.M. Khanov

Tembotov Institute of Ecology of Mountain Territories, Kabardino-Balkar Scientific Centre, RAS,
37-a, ulitsa I. Armand, 360051, Nalchik, Kabardino-Balkaria, Russian Federation

The characteristics are given in relation to epiphytic lichen flora current state in two specially protected natural areas of the Central Caucasus (within the Kabardino-Balkar Republic). These are the Kabardino-Balkar State High-Mountain Nature Reserve and the National Park «Prielbrusye».

The substrate conditions and properties are of primary importance for the majority of lichens. Therefore, the peculiar features of substrate distribution are to determine the lichen distribution pattern as well. Epiphytic lichens, within a certain area, reveal heterogeneity of their spatial distribution because of different associations between lichen and phorophyte species.

There are 85 epiphytic lichen species recognized in the areas in question. The research studies have shown that the species specificity index is indicative of the efficient determination of epiphyte composition specificity in different types of trees. Birch has the most pronounced phorophyte specificity, whereas willow and mountain ash have the weakest one. Epiphytic lichens of these areas are subdivided into three groups depending on the number of occupied phorophytes. According to its systematic structure, the first ecological group belongs to the *Parmeliaceae* type. Lichen species occupying only the bark of deciduous trees (except for birches) make the second ecological group. This group belongs to the *Lecanoraceae* type. Epiphytic species occupying the whole range of phorophytes form the third ecological group. The taxonomic spectrum of this group can be called the *Physciaceae* type. Stenotopic lichens dominate in the first and second ecological groups (with a significant portion of oligotopic lichens), and eurytopic lichens (also with a significant portion of oligotopic lichens) fall into the third group.

The ecological groups of epiphytic lichens obtained for specially protected natural areas of the Kabardino-Balkar Republic and occurred in the lichen biotas of other areas suggest prospects for further research.

Key words: epiphyte, phorophyte, lichen, specially protected natural areas (SPNA), Central Caucasus.

ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ МЕТОДОВ РАЗДЕЛЕНИЯ ФАЗ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ФОСФАТОВ ИЗ АКТИВНОГО ИЛА ПОСЛЕ ЕГО ДЕТОКСИКАЦИИ

© А.М. Дрегуло

Исследовано влияние механических методов разделения фаз: центрифугирование, фильтрование и отстаивание на эффективность выделения тяжелых металлов из твердой фазы активного ила после его детоксикации. Исследования показали разнохарактерный эффект выделения тяжелых металлов, выделяемых из твердой фазы. Степень выделения хрома составляла ~ 4%, меди 2–5%, марганца 3–11% из твердой фазы для всех методов разделения фаз. Наименьшая степень выделения наблюдалась у никеля. В процессе отстаивания степень выделения фосфатов в твердой фазе ила составила ~ 23–27%, при фильтровании 18–24%, при центрифугировании ~ 8% от общего содержания. Высокая степень выделения фосфатов вряд ли может быть обеспечена воздействием на активный ил механическими методами, наиболее вероятным объяснением служит образование анаэробной зоны в системе активного ила, смешанного с материалами, и длительность процесса отделения фаз. Процессы отстаивания и фильтрации могут считаться более эффективными с точки зрения остаточных концентраций в активном иле. Полученные данные могут быть применимы для усовершенствования методов ликвидации объектов прошлого накопленного ущерба.

Ключевые слова: активный ил, детоксикация активного ила, тяжелые металлы, разделение фаз, выделение тяжелых металлов, фосфаты, прошлый экологический ущерб.

Введение. Повышение требований к качеству биологической очистки сточных вод определило развитие процессов доочистки. Активный ил, циркулируя в системе аэротенка, адсорбирует тяжелые металлы [1, 2], фосфаты [3] (способные выделяться из активного ила в анаэробных условиях при слеживании ила во вторичных отстойниках, что может являться источником вторичного загрязнения), и после отстаивания, на стадии рециркуляции возвращается в аэротенк со сниженной инерционной емкостью и респираторной функцией биоценоза [4]. В основном тяжелые металлы сосредоточены в органической фракции активного ила [5] и выделение их весьма затруднено.

При выборе метода очистки и обработки осадка сточных вод населенных пунктов и промышленных предприятий, а также места расположения и типов очистных сооружений, необходимо в первую очередь выявлять возможность и целесообразность утилизации

очищенных сточных вод и осадка. Последнее особенно важно учитывать при рекультивации территорий объектов (накопленного) прошлого экологического ущерба (ПЭУ).

Существующие методы обезвреживания активного ила от тяжелых металлов не предусматривают его санации для дальнейшего использования в системе биологической очистки. Применение механических методов обработки осадков сточных вод [6] направлено на обезвоживание (уменьшение объемов) осадков для снижения отводимых под депонирование территорий. Также зачастую эти методы используются для извлечения тяжелых металлов, выводимых со свободной влагой из твердой фазы осадков.

Сложные структуры биоценоза активных илов и особенности их формирования на различных станциях биологической очистки обуславливают необходимость более глубокого изучения механизмов воздействия на активный ил с целью изыскания технических

средств для повышения качества биологической очистки.

Одним из новых направлений повышения качества процессов биологической очистки сточных вод рассматривают процессы выделения тяжелых металлов из твердой фазы активного ила кальциевыми материалами [1, 7, 8], где образующийся при очистке стоков осадок подвергается обработке с последующей утилизацией на санитарный полигон. Данные методы могут быть реализованы для ликвидации ПЭУ. Однако детоксикация активного ила с сохранением жизнедеятельности микроорганизмов ила в данных методах не учитывается, но может быть осуществлена применительно к активному илу на стадии рециклинга кальциевыми и кальций-магниевыми материалами [9, 10].

Для определения наиболее эффективного метода разделения фаз после детоксикации активного ила кальциевыми и магниевыми материалами в данном исследовании приоритетной стояла задача снижения остаточных концентраций тяжелых металлов и фосфатов в твердой фазе активного ила. Это связано с:

1) необходимостью введения активного ила в аэротенк с наименьшими концентрациями тяжелых металлов и фосфатов, т.к. в силу (указанных выше) физических и морфологических свойств и определенных условий среды активный ил способен десорбировать тяжелые металлы и фосфаты с поверхности хлопка, становясь источником вторичного загрязнения;

2) безопасной утилизацией избыточного ила почвенными методами.

Методы исследования. Для интенсификации снижения остаточных концентраций тяжелых металлов в твердой фазе активного ила после детоксикации было исследовано несколько методов разделения фаз: центрифугирование, фильтрование и отстаивание, которые проводили в лабораторных условиях. Для процесса отстаивания использовали лабораторные склянки, в которых детоксицированный ил (условно твердая фаза) отстаивался и отделялся от водной фазы. Для исследова-

ния процесса фильтрования использовались лабораторные бумажные фильтры обеззоленные. Процесс центрифугирования проводили с использованием лабораторной центрифуги Т-23D. Результаты концентраций тяжелых металлов и фосфатов (данные концентраций усреднены) в твердой фазе до и после процессов разделения фаз были получены методом рентгено-флуоресцентного анализа. Для этого уплотненные иловые фракции высушивали при $t = 105^{\circ}\text{C}$. Высушенный ил анализировали на спектрометре «СПЕКТРОСКАН МАКС-GV». Твердые включения материалов (после процесса детоксикации) не сгруппировывались в состав иловой смеси и матрикс ила, что не влияло на седиментационные свойства ила при отстаивании, однако за счет этих включений увеличивалось время фильтрации, поэтому процессы фильтрования и отстаивания проводились в равный отрезок времени.

Результаты и их обсуждение. Результаты исследований (табл. 1) показали низкую степень выделения никеля (вероятно, ввиду невысокой концентрации) из твердой фазы во всех случаях механического воздействия на активный ил, разница в концентрациях находится в пределах погрешности.

Относительно невысока степень выделения хрома $\sim 4\%$ из твердой фазы для всех методов разделения фаз. Степень выделения марганца составила 3–11, меди 2–5%. Снижение концентраций металлов также может быть вызвано наличием примесей в материалах – растворимых форм карбонатов, сульфатов и др., которые, в свою очередь, не сгруппировались с матриксом активного ила, но взаимодействующих с поверхностью хлопка ила опосредовано (без постоянного перемешивания и аэрации) продолжали и/или влияли на процесс детоксикации. Карбонаты кальция и магния при воздействии на активный также могут вызывать пептизацию белковоподобных веществ [1] и металлы, образовавшие с данными веществами комплексные соединения, выделяются в водную фазу.

Т а б л и ц а 1

Сводные данные остаточных концентраций тяжелых металлов в активном иле после разделения фаз

Элементы, мг/кг	Процессы разделения фаз					
	Центрифугирование		Фильтрация		Отстаивание	
	Материал использованный в процессе детоксикации					
	CaCO ₃	Дол. мука	CaCO ₃	Дол. мука	CaCO ₃	Дол. мука
Никель	7.2±0.6	7.2±0.6	2.2±0.12	2.5±0.23	2.2±0.4	2.2±0.2
Медь	146±8.6	154±9.8	106±9.2	105±15.2	105±11.0	107±9.12
Хром	73±4.4	76±0.66	76±5.7	74±6.9	74±0.6	74±0.6
Марганец	244±14.3	274±13.3	265±15.0	256±16.3	256±12.4	253±17.1

Колебательный характер концентраций тяжелых металлов в твердой фазе активного ила, обнаруженных после процесса центрифугирования по сравнению с фильтрацией и осаждением, говорят о возможном осаждении на поверхности хлопка ила тяжелых металлов (выделенных в водную фазу в процессе детоксикации) от интенсивности воздействия в поле центробежных сил. Подобный эффект наблюдался и при применении механических методов разделения для выделения фосфатов из активного ила (табл. 2).

Содержание остаточных концентраций фосфатов до применения методов раздела фаз составило 12% общего фосфора в пересчете на твердую фазу. В процессе отстаивания концентрация фосфатов в твердой фазе ила составила ~ 23–27%, при фильтровании 18–24%, при центрифугировании ~ 8% от общего содержания. Высокая степень выделения фосфатов вряд ли может быть обеспечена воздействием на активный ил механическими методами, наиболее вероятным объяснением служит образование анаэробной зоны в системе активного ила, смешанного с материалами и длительностью процесса отделения фаз. Такое известное (технология дефосфотации) сочетание аэробно-анаэробных условий вызывает автолиз кле-

ток, а также частичное разрушение хлопков ила, тем самым вызывая миграцию фосфатов из клеток в водную фазу. Кроме того, существенное снижение концентрации фосфатов в твердой фазе также может быть связано с образованием ортофосфатов на поверхности материалов в результате электростатического взаимодействия кальцийсодержащего материала [1] и их десорбции в водную фазу.

Таким образом, влияние механических методов раздела фаз на активный ил после его детоксикации может только отчасти считаться эффективным с точки зрения остаточных концентраций тяжелых металлов и фосфатов в твердой фазе ила. Существенную роль в данном аспекте играют процессы, не зависящие от характера механического воздействия, которые обусловлены биотическими и функциональными свойствами биоценоза активного ила в сочетании с абиотическими факторами, что подчеркивает необходимость дальнейшего изучения воздействия на активный ил с целью снижения остаточных концентраций тяжелых металлов и фосфатов в твердой фазе активного ила.

Заключение. Разнохарактерный эффект выделения тяжелых металлов, выделяемых из

Т а б л и ц а 2

Остаточные концентрации фосфора в активном иле после разделения фаз

Элементы	Процессы разделения фаз					
	Центрифугирование		Фильтрация		Отстаивание	
	Материал, использованный в процессе детоксикации					
	CaCO ₃	Дол. мука	CaCO ₃	Дол. мука	CaCO ₃	Дол. мука
Общий фосфор, %	12±1.0	11±0.99	9.9±0.73	9.1±1.2	9.2±0.9	8.7±0.95

твердой в водную фазу, вероятно, обусловлен сложным внутриклеточным взаимодействием конкретного металла с органической составляющей ила, во многом затрудняющим выделение при сравнительно низких концентрациях металла. В том числе металлы образуют гидроксиды, ортофосфаты в виде коллоидных взвесей, которые при прилагаемой интенсивности раздела фаз могут осаждаться на поверхности биопленки ила, особенно под воздействием центробежных сил.

Наличие примесей в материалах может затруднять определение количественных характеристик тяжелых металлов в твердой фазе ила, что говорит о необходимости более глубокого изучения процессов детоксикации активного ила.

Отсутствие принудительной аэрации, частичное уплотнение иловой фракции за счет включения кальциевых и магниевых материалов способствует созданию анаэробной зоны, интенсифицирующей и/или являющейся преимущественным фактором выделения фосфатов из клеток в водную фазу.

Сравнительный анализ применения методов разделения фаз для воздействия на активный ил показал более эффективными методы отстаивания и фильтрации по отношению к центрифугированию с точки зрения остаточных концентраций в твердой фазе ила после его детоксикации.

Данные методы могут быть применимы для использования в процессе биологической очистки как на стадии рециклинга иловой смеси, так и для усовершенствования процессов безопасной утилизации илового осадка почвенными методами, включая рекультивацию объектов накопленного экологического ущерба, а также с учетом энергозатрат.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kang D., Tang H., Xie D., Ke P. Adsorption abilities by heavy metals and inorganic particles and activated sludge in domestic wastewater treatment plant // *J. of Chemical and Pharmaceutical Research*. 2014. Vol. 6(6). P. 2918–2926.
2. Дрегуло А.М. Исследование внутригодового изменения состава гидробионтов в аэротенках при

очистке сточных вод // *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. 2012. № 6. С. 90–95.

3. Панов В.П., Дрегуло А.М. Выделение фосфатов и тяжелых металлов из активных илов в водную фазу при анаэробных условиях // *Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки*. 2011. № 3. С. 14–15.

4. Hartmann S. Inhibition of activated sludge respiration by heavy metals // *Proceedings of the 2013 International Conference on Environment, Energy, Ecosystems and Development*. 2013. P. 231–235

5. Панов В.П., Дрегуло А.М. О распределении тяжелых металлов по органическим составляющим активных илов и осадков сточных вод // *Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки*. 2010. № 4. С. 33–35.

6. Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод. М.: Ассоциация строительных вузов, 2006. С. 503–526.

7. Панов В.П. Исследование закономерностей поглощения тяжелых металлов микроорганизмами активного ила // *Журнал прикладной химии*. 2002. Т. 75, вып. 10. С. 1685–1686.

8. Пат. №2133231, РФ, МКИ⁶ С 02 F 11/14: Способ переработки избыточного активного ила, содержащего тяжелые металлы / В.П. Панов, И.В. Зыкова, Е.А. Алексеева (РФ) – №98103036; заявл. 02.02.98; опубл. 99; Бюл. № 20.

9. Дрегуло А.М. Использование кальциево-магниевых материалов для воздействия на возвратный активный ил с целью интенсификации работы биологических очистных сооружений // *Вода: химия и экология*. 2012. № 7. С. 72–75.

10. Дрегуло А.М. Влияние кальциевых и магниевых материалов на выделение тяжелых металлов из активного ила и двигательную способность микроорганизмов ила // *Известия Уфимского научного центра РАН*. 2015. № 4. С. 67–70.

References

1. Kang D., Tang H., Xie D., Ke P. Adsorption abilities by heavy metals and inorganic particles and activated sludge in domestic wastewater treatment plant. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 2014, vol. 6(6). pp. 2918–2926.
2. Dregulo A.M. Study intra change in the composition of aquatic aeration tanks in wastewater treatment // *Water Management Russia: problems, technology, management*, 2012, no. 6, pp. 90–95.
3. Panov V.P., Dregulo A.M. Isolation of phosphates and heavy metals from the active sludge in the aqueous phase under anaerobic conditions // *Bulletin*

of St. Petersburg State University of Technology and Design. 1 Series: Natural and Technical Sciences, 2011, no. 3, pp. 14–15.

4. Hartmann S. Inhibition of activated sludge respiration by heavy metals. Proceedings of the 2013 International Conference on Environment, Energy, Ecosystems and Development, 2013, pp. 231–235.

5. Panov V.P., Dregulo A.M. Distribution of heavy metals on the organic components of the active sludge and sewage sludge // Bulletin of St. Petersburg State University of Technology and Design. 1 Series: Natural and Technical Sciences, 2010, no. 4, pp. 33–35.

6. Voronov Yu.V. Wastewater disposal and treatment. Higher school manual. Moscow, Assotsiatsiya stroitelnykh vuzov, 2006, pp. 503–526.

7. Panov V.P. Study of heavy metal adsorption by activated sludge microorganisms. Zhurnal prikladnoy khimii, 2002, vol. 75, no. 10, pp. 1685–1686.

8. Panov V.P., Zykova I.V., Alekseeva E.A. Method for treating surplus activated sludge containing heavy metals. Patent RF, no. 2133231, MKI 6C 02 F 11/14: bo. 98103036. Applied February 2, 1998; published 1999, bull. No. 20.

9. Dregulo A.M. Application of calcium and magnesium materials to act upon reversible activated sludge and to intensify the operation of wastewater treatment plants. Voda, khimiya i ekologiya, 2012, no. 7, pp. 72–75.

10. Dregulo A.M. The effect of calcium and magnesium materials on heavy-metal removal from activated sludge and motion ability of activated sludge microorganisms. Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN, 2015, no. 4, pp. 67–70.

INFLUENCE OF MECHANICAL METHODS FOR SEPARATING PHASES ON THE EFFICIENT REMOVAL OF HEAVY METALS AND PHOSPHATES FROM ACTIVATED SLUDGE AFTER ITS DETOXIFICATION

© **A.M. Dregulo**

St. Petersburg Scientific Research Centre for Ecological Safety, RAS,
18, Korpussnaya ulitsa, 197110, St. Petersburg, Russian Federation

This paper describes the effect of mechanical methods for separating phases (centrifugation, filtration, settling) on the efficient removal of heavy metals and phosphates from the solid phase of activated sludge after its detoxification. The research showed the variegated effect of heavy metal removal from the solid phase. The removal rates for all these methods were as follows: chromium – 4%, copper – 5.2% and manganese – 3–11%. The lowest removal rate was observed in nickel. The removal rate of phosphates was 23–27% during the settling process, 18–24% during filtration and about 8% of the total content during centrifugation. The high-degree phosphate removal can hardly be achieved using mechanical methods. The most likely explanation is the formation of an anaerobic zone in the activated sludge mixed with the materials and the duration of phase separation. Settling and filtration processes can be considered more efficient in terms of residual concentrations of heavy metals and phosphates in the activated sludge. The obtained data can be used to improve methods for eliminating past environmental damages.

Key words: activated sludge, activated sludge detoxification, heavy metals, phase separation, extraction of heavy metals, phosphates, past environmental damage.

УДК 631.2

**ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ
БАКСАНСКОГО УЩЕЛЬЯ (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КАВКАЗ)**

© З.Т. Бербекова, Р.Х. Пшегусов, Ю.М. Саблирова, А.З. Ахомготов

В работе проведена оценка лесопатологического состояния сосновых насаждений Баксанского ущелья (Центральный Кавказ). Были организованы пункты постоянного наблюдения в ущельях: Адылсу, Адырсу, Сылтран, Чегет, Терскол, Юсеньги, а также в окрестностях сельского поселения Верхний Баксан. В ходе работ проведено таксационное описание исследуемых площадок, дана оценка санитарного и фитопатологического состояния лесных насаждений.

На исследуемых площадках выявлены следующие типы леса: сосняк редкопокровный, сосняк разнотравный, сосняк березовый разнотравный, сосняк вейниковый, сосняк мертвопокровный, сосняк черничный. Средний возраст древостоя варьирует от 31 до 119 лет, средняя высота – от 10 до 25 м, средний диаметр – от 27 до 58 см. Сомкнутость крон сосновых насаждений варьирует от 0.3 до 0.7.

В ходе обследования санитарного состояния сосновых насаждений к категории «без признаков повреждения» относились деревья с хорошо развитой кроной, зеленой хвоей нормальных размеров, отсутствием смолородков, поражения деревьев болезнями и вредителями. К этой категории отнесены древостои на площадках в ущельях: Юсеньги, Терскол, Чегет, Сылтран, Адылсу, Адырсу, а также на площадках в окрестностях с.п. Верхний Баксан.

Деревья категории «ослабленные» имели в различной степени специфичные внешние признаки поражения дерева, а именно: слабоажурная крона, слабое пожелтение хвои, наличие усыхающих ветвей. Деревья данной категории также были отмечены на всех заложенных площадках.

Деревья категории «сильно ослабленные» отмечены только на площадках 1 и 2 ущелья Юсеньги. Основные признаки: крона ажурная, хвоя пожелтевшая, местами осыпавшаяся, наличие засохших ветвей до 50% кроны.

Единично отмечено дерево категории «усыхающее» на площадке 7 в ущелье Чегет, которое характеризовалось отчетливо выраженной ажурной кроной, тотальной гибелью хвои.

Деревья категории «свежий сухостой» и «старый сухостой» на исследуемых площадках не наблюдались.

Анализ распределения древостоев по категориям жизненного состояния показал, что все исследуемые сосновые насаждения относятся к категории 1 – «здоровый», за исключением древостоев на площадках 2 и 3 в ущелье Юсеньги, относящихся к категории «ослабленный».

При проведении фитопатологических исследований были единично диагностированы деревья, имеющие повреждения и признаки заболеваний, предварительно отнесенные к следующим группам болезней: раковые, некрозно-раковые, микозные. Также на ветках сосны обыкновенной отмечено наличие галлов, вызванных клещами рода *Trisetacus*.

Ключевые слова: лесопатологическое исследование, Центральный Кавказ, сосновые насаждения.

БЕРБЕКОВА Зарема Тимуровна, Институт экологии горных территорий им. А.К. Темботова РАН, e-mail: bzt1987@mail.ru

ПШЕГУСОВ Рустам Хаталиевич – к.б.н., Институт экологии горных территорий им. А.К. Темботова РАН, e-mail: p_rustem@inbox.ru

САБЛИРОВА Юлия Мухамедовна – к.т.н., Институт экологии горных территорий им. А.К. Темботова РАН, e-mail: sablirova@mail.ru

АХОМГОТОВ Анзор Заурбекович – к.б.н., Институт экологии горных территорий им. А.К. Темботова РАН, e-mail: anzor.homgotov@yandex.ru

Леса в среднегорьях и высокогорьях Баксанского ущелья на северо-западе Кабардино-Балкарской республики образованы березовыми и сосновыми формациями. Согласно типизации высотно-поясной структуры ландшафтов Кавказа А.К. Темботова, данная территория относится к эльбрусскому варианту поясности, особенностью которого является высокая степень ксерофитизации, в силу чего лесистость данной территории довольно низкая в сравнении с соседним терским вариантом поясности [1]. По результатам исследования лесопокрытой территории КБР, проведенного с использованием космических изображений спутника Landsat 5 TM, за 26-летний период с 1986 по 2012 год произошло сокращение площади лесов Баксанского ущелья более чем на 150 км² [2]. Наиболее интенсивное сокращение обнаружено в результате сравнительного анализа спутниковых снимков за период 1991–2012 гг. Выявлено сокращение лесопокрытой площади на данном участке почти на 129 км², что в среднем за год составляет 8 км² [2].

Возможными факторами, влияющими на сокращение лесов, в частности, могли стать: изменение климата или воздействие антропогенных факторов, в том числе вырубка лесов или неконтролируемый выпас крупного и мелкого скота, распространение вредоносных заболеваний древесных растений.

С целью оценки возможных причин выявленного сокращения сотрудниками Института экологии горных территории РАН в 2015 г. начаты исследования фитосанитарного состояния сосновых насаждений Баксанского ущелья на предмет выявления заболеваний как одного из возможных факторов сокращения площади лесов.

Объекты и методы. Для проведения оценки лесопатологического состояния были заложены стационарные площадки в соответствии с методологией по организации и ведению лесопатологических обследований [3]. Таксационная характеристика, определение возраста и санитарного состояния древостоя, а также диагностика болезней лесных насаждений осуществлялась с использованием общепринятых методик [4–7].

В 2015 г. были организованы пункты постоянного наблюдения (ППН) в ущельях: Адылсу, Адырсу, Сылтран, Чегет, Юсеньги, Терскол, а также в окрестностях сельского поселения Верхний Баксан (рис. 1). В каждом ущелье были заложены по три площадки размером 30×30 м (за исключением ущелья Сылтран, в котором заложены две площадки), с минимальным расстоянием друг от друга от 50 метров, в высотных пределах – от 1500 до 2500 м над уровнем моря.

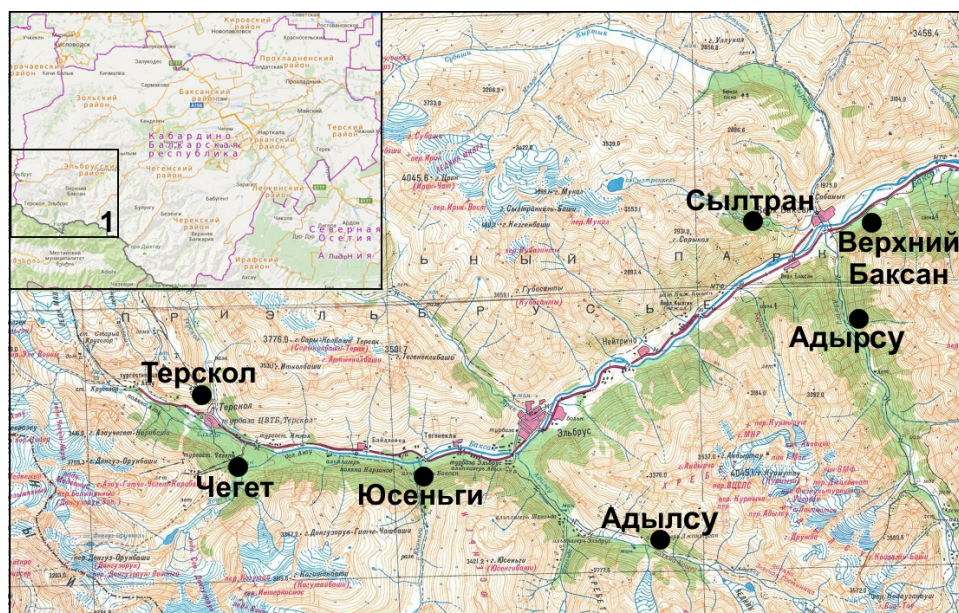


Рис. 1. Пункты постоянного наблюдения в Баксанском ущелье

Для определения санитарного состояния насаждений на площадках был проведен полный пересчет деревьев, а также проведено обследование каждого дерева на наличие морфологических изменений. Далее производилось их распределение по шкале категории санитарного состояния деревьев, а именно: к категории 1 отнесены деревья без признаков повреждения; 2 – ослабленные; 3 – сильно ослабленные; 4 – усыхающие; 5 – свежий сухостой; 6 – старый сухостой. Выявление заболевания древесных насаждений производилось визуальным методом по типичным признакам наличия болезней и морфологических изменений в строении древесного растения [3].

Жизненное состояние сосновых насаждений на площадках исследования определялось как средневзвешенная величина распределения разных категорий состояния деревьев: категория 1 – значение средневзвешенной величины варьирует от 1 до 1.5 – древостой здоровый;

категория 2 – от 1.6 до 2.5 – ослабленный; категория 3 – от 2.6 до 3.5 – сильно ослабленный; категория 4 – от 3.6 до 4.5 – отмирающий; категория 5 – от 4.6 и выше – сухостой.

Результаты и обсуждение. Согласно данным ряда авторов [2, 8, 9], в исследуемых лесных насаждениях доминантом выступает сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.).

На исследуемых площадках выявлены следующие типы леса: сосняк редкопокрытый (ППН №1, 17–20), сосняк разнотравный (ППН № 2–7, 9, 16), сосняк березовый разнотравный (ППН № 8), сосняк вейниковый (ППН № 15), сосняк мертвопокрытый (ППН № 10–11), сосняк черничный (ППН №13–14). Средний возраст древостоя варьирует от 31 до 119 лет, средняя высота древостоя от 10 до 25 метров, средний диаметр от 27 до 58 см. Сомкнутость крон сосновых насаждений варьирует от 0.3 до 0.7 (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Орографическая характеристика пробных площадок и таксационное описание сосновых древостоев Баксанского ущелья (Центральный Кавказ)

Место проведения исследования	№ площадки	Высота над уровнем моря, м	Экспозиция склона	Крутизна склона, град.	Таксационные характеристики				
					Формула древостоя	Средний возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Сомкнутость крон
Ущелье Юсенги	1	1895	ССВ	10	10С	119	22	35	0.6
	2	1884	СВ	50	10С	119	23	33	0.4
	3	1870	СВ	50	10С+Бп	119	22	53	0.5
Ущелье Терскол	4	2442	В, СВ	25	10С	78	17	43	0.3
	5	2327	СВ	30	10С	78	18	42	0.5
	6	2270	СВ	45	10С	78	18	38	0.5
Ущелье Чегет	7	2300	СВ	20	10С	97	13	40	0.5
	8	2279	СВ	20	6С4Бл+Роб	97	12	38	0.5
	9	2256	СВ	20	10С+Роб	97	14	40	0.3
Ущелье Сылтран	10	1932	СВ	40	10С	56	22	28	0.7
	11	1972	СВ	40	10С	56	24	28	0.7
Ущелье Адылеу	12	2250	СВ	10	9С1Бл	85	25	58	0.5
	13	2236	СВ	10	10С	85	23	30	0.6
	14	2240	СВ	10	10С	85	20	41	0.5
Ущелье Адырсу	15	1993	ВВС	15	10С+Бп	67	24	30	0.4
	16	2300	СВ	15	10С	31	10	29	0.6
	17	2336	СВ	0	10С	31	10	29	0.5
Окрестности с.п. Верхний Баксан	18	1519	ЮЗ	25	10С	80	16	40	0.3
	19	1550	ЮЗ	25	10С	80	18	41	0.4
	20	1580	ЮЗ	25	10С+Бл	80	16	38	0.4

В ходе обследования санитарного состояния сосновых насаждений к категории «без признаков повреждения» относились деревья с хорошо развитой кроной, зеленой хвоей нормальных размеров, отсутствием смолоподтеков, поражения деревьев болезнями и вредителями [3]. К этой категории отнесены древостои на площадках в ущельях: Юсеньги, Терскол, Чегет, Сылтран, Адылсу, Адырсу, а также на площадках в окрестностях с.п. Верхний Баксан.

Деревья категории «ослабленные» имели в различной степени специфичные внешние признаки поражения дерева, а именно: слабоажурная крона, слабое пожелтение хвои, наличие усыхающих ветвей. Деревья данной категории также были отмечены на всех заложённых площадках.

Деревья категории «сильно ослабленные» отмечены только на площадках 1 и 2 ущелья

Юсеньги. Основные признаки: крона ажурная, хвоя пожелтевшая, местами осыпавшаяся, наличие засохших ветвей до 50% кроны.

Единично отмечено дерево категории «усыхающее» на площадке 7 в ущелье Чегет, которое характеризовалось отчетливо выраженной ажурной кроной, тотальной гибелью хвои.

Деревья категории «свежий сухостой» и «старый сухостой» на исследуемых площадках не наблюдались.

Анализ распределения древостоев по категориям жизненного состояния показал, что все исследуемые сосновые насаждения относятся к категории 1 – «здоровый», за исключением древостоев на площадках 2 и 3 в ущелье Юсеньги, относящихся к категории «ослабленный» (табл. 2).

Предварительные результаты фитопатологического исследования сосновых насаждений показали, что на изученных участках

Т а б л и ц а 2

Жизненное состояние сосновых древостоев Баксанского ущелья

Место исследования	№ ППН	Кол-во деревьев, шт.	Распределение деревьев в древостое по категориям состояния, %					Индекс состояния древостоя	Категория состояния древостоя	
			Без признаков ослабления	Ослабленные	Сильно ослабленные	Усыхающие	Свежий сухостой			Старый сухостой
Ущелье Юсеньги	1	66	89.5	7.5	3	0	0	0	1.2	Здоровый
	2	18	11.2	72.2	16.6	0	0	0	2.1	Ослабленный
	3	20	45	55	0	0	0	0	1.6	Ослабленный
Ущелье Терскол	4	14	98.6	1.4	0	0	0	0	1.1	Здоровый
	5	25	64	36	0	0	0	0	1.4	Здоровый
	6	32	93.7	6.3	0	0	0	0	1.1	Здоровый
Ущелье Чегет	7	48	83.4	14.6	0	2	0	0	1.2	Здоровый
	8	33	90	10	0	0	0	0	1.1	Здоровый
	9	30	80	20	0	0	0	0	1.2	Здоровый
Ущелье Сылтран	10	104	92.2	7.8	0	0	0	0	1.1	Здоровый
	11	97	95.9	4.1	0	0	0	0	1.1	Здоровый
Ущелье Адылсу	12	24	91.7	8.3	0	0	0	0	1.1	Здоровый
	13	13	92.3	7.7	0	0	0	0	1.1	Здоровый
	14	14	100	0	0	0	0	0	1	Здоровый
Ущелье Адырсу	15	77	88.3	11.7	0	0	0	0	1.1	Здоровый
	16	97	91.7	8.3	0	0	0	0	1.1	Здоровый
	17	35	98.7	1.3	0	0	0	0	1	Здоровый
Окрестности с.п. Верхний Баксан	18	30	64.4	36.6	0	0	0	0	1.4	Здоровый
	19	27	77.8	22.2	0	0	0	0	1.2	Здоровый
	20	22	90.9	9.1	0	0	0	0	1.1	Здоровый

единично диагностированы деревья, имеющие повреждения и признаки [6, 7] заболевания следующих групп болезней:

1. Раковые заболевания. Диагностированы на деревьях на площадке 2 ущелья Юсеньги и на площадке 17 ущелья Адырсу. Основные признаки: чрезмерное разрастание тканей на стволах деревьев и в результате образование опухолей диаметром около 30 см. Предположительно – бугорчатый рак сосны.

2. Некрозно-раковые заболевания. Диагностировано на одном дереве на площадке 2 в ущелье Юсеньги. Основные признаки: овальная вмятина на стволе дерева, имеющая характер открытой раны с неявной выраженной ступенчатостью и черной окраской внутри. Предположительно – биатореловый рак сосны.

3. Микозные заболевания. Диагностировано на одном дереве на площадке 1 в ущелье Юсеньги. Основные признаки: наличие плодового тела на верхней части ствола диаметром около 20 см. Цвет гриба темно-серый с коричневатым оттенком. Предположительно – трутовик окаймленный.

Также на всех площадках отмечены галлы, представляющие собой узелки и утолщения на ветках сосны обыкновенной. Дальнейшие исследования, проведенные совместно с ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», показали, что галлы образуют клещи рода *Trisetacus*.

Заключение. Результаты исследований на выделенных площадках показали, что 95% обследованных сосновых насаждений относятся к категории здоровых. Ослабленным является древостой на площадках 2 и 3 ущелья Юсеньги, представленные сосняком разнотравным. На обследованных площадках предварительно диагностированы раковые, некрозно-раковые и микозные заболевания, а также галлы на ветках сосны обыкновенной. Доля больных деревьев минимальна, массового распространения болезней не обнаружено.

В целом полученные результаты свидетельствуют о том, что фитосанитарное состояние не играет роли в сокращении лесов района исследования. В дальнейшем на выделен-

ных ППН планируются мониторинговые наблюдения и закладка новых площадок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов В.Е. Млекопитающие. Насекомоядные. М.: Наука, 1989. 548 с.
2. Темботова Ф.А., Пшегусов Р.Х., Тлупова Ю.М., Темботов Р.Х., Ахомготов А.З. Состояние лесных экосистем горных территорий в Кабардино-Балкарии по данным дистанционного зондирования // Известия РАН. Серия географическая. 2012. Вып. 3. С. 113–121.
3. Руководство по планированию, организации и ведению лесопатологических обследований. Приложение 3 к Приказу Рослесхоза от 29.12.2007. № 523.
4. Шиятов С.Г., Ваганов Е.А., Кирдянов А.В., Круглов В.Б., Мазепа В.С., Наурызбаев М.М., Хантемиров Р.М. Методы дендрохронологии. Ч. I. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации. Красноярск: КрасГУ, 2000. 80 с.
5. Андреева Е.Н., Баккал И.Ю., Горшков В.В., Лянгузова И.В., Мазная Е.А., Нешатаев В.Ю., Нешатаева В.Ю., Ставрова Н.И., Ярмишко В.Т., Ярмишко М.А. Методы изучения лесных сообществ. СПб.: НИИХимии СПбГУ, 2002. 240 с.
6. Кузьмичев Е.П., Соколова Э.С., Мозолевская Е.Г. Болезни древесных растений: справочник. М.: Изд-во ВНИИЛМ, 2004. 119 с.
7. Чураков Б.П., Чураков Д.Б. Лесная фитопатология. СПб.: Издательство «Лань», 2012. 449 с.
8. Нечаев Ю.А. Леса Кабардино-Балкарской АССР. Нальчик: Алкар. кн. изд-во, 1957. С. 205–222.
9. Шагапсоев С.Х., Старикова С.Х. Анализ естественной дендрофлоры Кабардино-Балкарии. Нальчик: Каб.-Бал. ун-т, 2002. 113 с.

References

1. Sokolov V.E. Mammalia. Insectivora. V.E. Sokolov, A.K. Tembotov (eds.). Moscow, Nauka, 1989. 548 p.
2. Tembotova F.A., Pshegusov R.Kh., Tlupova Yu.M., Tembotov R.Kh., Akhomgotov A.Z. The data on remote sensing and possibility of their use to evaluate the performance of forest ecosystems in mountain territories (a case study of the Kabardino-Balkar Republic). Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya, 2012, no. 3, pp. 113–121.
3. Guide to planning, organizing and conducting forest disease surveys. Prilozhenie 3 k prikazu Rosleskhoza ot 29.12.2007, no. 523.
4. Shiyatov S.G., Vaganov E.A., Kirdyanov A.V., Kруглов V.B., Mazepa V.S., Naurzbaev M.M., Khantemirov R.M. Methods of dendrochronology. Part I. Ocnovy debdrokhronologii, Sbor i poluchenie

drevesno-koltsevoy informatsii. E.A. Vaganov, S.G. Shiyatov (eds.). Krasnoyarsk, KGU, 2000. 80 p.

5. Andreeva E.N., Bakkal I.Yu., Gorshkov V.V., Lyanguzova I.V., Maznaya E.A., Neshataev V.Yu., Neshataeva V.Yu., Stavrova N.I., Yarmishko V.T., Yarmishko V.A. Methods for studying forest communities. V.T. Yarmishko, I.V. Lyanguzova (eds.). St. Petersburg, NIIKhimii SPbGU, 2002. 240 p.

6. Kuzmichev E.P., Sokolova E.S., Mozolevskaya E.G. Tree diseases. Reference book. Moscow, VNIILM, 2004. 119 p.

7. Churakov B.P., Churakov D.B. Forest phytopathology. St. Petersburg, Lan, 2012. 449 p.

8. Nechaev Yu.A. Forests of the Kabardino-Balkar Autonomous Soviet Socialist Republic. Nalchik, Kabardino-Balkarskoe knizhnoe izdatelstvo, 1957, pp. 205–222.

9. Shangapsoev S.Kh., Starikova N.V. Analysis of natural dendroflora in Kabardino-Balkaria. Nalchik, Kabardino-Balkarskiy universitet, 2002. 113 p.

RESEARCH ON THE PINE FOREST PATHOLOGY IN THE BAKSAN GORGE (CENTRAL CAUCASUS)

© **Z.T. Berbekova, R.Kh. Psheguov, Yu.M. Sablirova, A.Z. Akhomgotov**

Tembotov Institute of Ecology of Mountain Territories, Kabardino-Balkar Scientific Centre, RAS,
37-a, ulitsa I. Armand, 360051, Nalchik, Kabardino-Balkaria, Russian Federation

The article gives the assessment results on pine forest pathology in the Baksan Gorge (Central Caucasus). Monitoring stations were organized in the valleys of the rivers Adylsu, Adyrsu, Syltran, Cheget, Terskol, Yusengi, and near the village of Verkhniy Baksan. Forest taxation was carried out in the areas under study, and the assessment of forest sanitary state and pathology was performed.

Forest types revealed within the test sites are as follows: sparse pine forest, mixed-grass pine forest, birch-grass pine forest, reedgrass pine forest, pine forest with dead-needle ground cover and bilberry pine forest. The mean age of forest stands varies from 31 to 119 years, the mean height is 10 to 25 m, and the mean trunk diameter is 27 to 58 cm. The crown density of the pine forest varies from 0.3 to 0.7.

When studying the sanitary state, pines with a well-developed crown, green normal-sized needles, without gummosis, diseases and pest attacks were assigned to the category of “unaffected trees”. This category covers forest stands from the test sites in the valleys of Yusengi, Terskol, Cheget, Syltran, Adylsu, Adyrsu, and near the village of Upper Baksan.

Pines under the category of «depressed trees» had specific external defect features, namely, thinned crown, slightly yellowed needles and drying branches. Such trees were also recorded within the above-mentioned test sites.

Pines under the category of «strongly depressed trees» were recorded only within test sites 1 and 2 in the Yusengi valley. The dominant features included heavily thinned crown, yellowed and locally fallen needles, and dead branches up to 50% of the crown.

In one case, a pine of the category of «drying trees» was found within test site 7 in the Cheget valley. It was characterized by heavily thinned crown and total needle-fall.

Pines of the categories of «new dead standing trees» and «old dead standing trees» were not observed within the area under study.

The forest distribution analysis shows that all the pines under consideration belong to the category of «unaffected trees» in terms of their vital signs, except the pine forest within test sites 2 and 3 of the Yusengi valley assigned to the category of «depressed trees».

Phytopathological research revealed only few trees with defects and diseases tentatively identified as cancer, necrosis cancer and mycosis. Galls caused by mites of the genus *Tricetacus* were also reported in *Pinus sylvestris*.

Key words: forest pathology research, Central Caucasus, pine forest.

УДК 630*181.28:582.931.4(470.57-25)

**ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ВИДОВ РОДА *Syringa* L.
В КОЛЛЕКЦИИ УФИМСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА**

© Н.В. Полякова

Представлены результаты многолетнего интродукционного изучения 11 видов сирени коллекции Ботанического сада-института Уфимского научного центра РАН.

В озеленении сирень представлена, как правило, 1–2 видами, в то время как в коллекциях ботанических садов ассортимент видов намного шире. При этом большинство видов сирени в новых условиях проявляют высокую степень устойчивости.

В ботаническом саду г. Уфы виды сирени культивируются с 60-х гг. прошлого века. При этом все они выращены из семян, полученных из других интродукционных центров. На протяжении нескольких десятилетий данные виды наблюдались в новых интродукционных условиях: изучались их зимостойкость, генеративное развитие, способность к размножению, степень одревеснения побегов, сохранение формы роста. По итогам многолетнего интродукционного изучения сделан следующий вывод: 4 вида сирени (*S. josikaea*, *S. sweginzowii*, *S. wolfii* и *S. velutina*) являются высокоустойчивыми в условиях Башкирского Предуралья, остальные виды отнесены к группе устойчивых. Все виды перспективны для широкого использования в озеленении населенных пунктов Башкортостана, а также регионов со сходными климатическими условиями.

Ключевые слова: *Syringa* L., вид, устойчивость, перспективность интродукции.

Успешность интродукции новых таксонов растений определяется совокупностью многих показателей, к которым относятся устойчивость к зимним условиям, прохождение полного цикла развития, сохранение формы роста в новых условиях и некоторые другие. В Уфимском ботаническом саду в течение многих лет культивируется большое количество видов, сортов и форм красивоцветущих кустарников, которые адаптированы к условиям нашего региона, но тем не менее не получили широкого распространения в озеленении населенных пунктов или у садоводов-любителей [1–4]. Одним из наиболее популярных декоративных кустарников, максимальная декоративность которых достигается в период цветения, является сирень [5, 6]. В результате многолетних наблюдений нами проведена комплексная интегральная оценка перспективности видов сирени в новых условиях интродукции.

Материалы и методы. Объектами наблюдений явились 11 видов сирени, интро-

дуцированных в ботанический сад в 60-х гг. прошлого века. Все они выращены из семян, поступивших в коллекцию из разных интродукционных центров бывшего СССР и дальнего зарубежья. Оценка перспективности видов сирени проводилась по методике интегральной оценки жизнеспособности интродуцентов [7]. Данная методика предусматривает разделение анализируемых видов по общему количеству баллов на 6 групп:

I группа – 90–100 баллов – наиболее перспективные;

II – 78–90 баллов – перспективные;

III – 61–75 баллов – менее перспективные;

IV – 41–60 баллов – малоперспективные;

V – 21–40 баллов – неперспективные;

VI – 5–20 баллов – непригодные.

Кроме того, мы сочли целесообразным дополнить данную методику шкалой интродукционной устойчивости [8], которая по многим позициям совпадает с методикой П.И. Лапина и С.В. Сидневой, но несколько расширяет ее.

ПОЛЯКОВА Наталья Викторовна – к.б.н., Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН, e-mail: barhan93@yandex.ru

Т а б л и ц а 1

Оценка перспективности интродуцированных видов сирени

Вид	Одревеснение побегов	Зимостойкость	Сохранение формы роста	Побегообразовательная способность	Прирост в высоту	Генеративное развитие	Возможный способ размножения в культуре	Сумма баллов	Группа перспективности
<i>S. velutina</i> Kom.	20	15	10	5	5	25	10	90	II
<i>Syringa reticulata</i> (Blume) H. Hara ssp. <i>amurensis</i> (Rupr.) P. S. Green & M. C. Chang	20	15	10	5	5	25	7	87	II
<i>S. emodi</i> Wall.	20	15	10	5	5	25	7	87	II
<i>S. josikaea</i> Jacq.	20	10	10	5	5	25	10	85	II
<i>S. sweginzowii</i> Koehne et Lingelsh.	20	10	10	5	5	25	10	85	II
<i>S. wolfii</i> Schneid	20	10	10	5	5	25	10	85	II
<i>S. × henryi</i> Schneid.	20	10	10	5	5	25	7	82	II
<i>S. komarowii</i> Schneid.	20	10	10	5	5	25	7	82	II
<i>S. pubescens</i> Turcz.	20	10	10	5	5	25	7	82	II
<i>Syringa reticulata</i> (Blume) H. Hara ssp. <i>reticulata</i>	20	15	10	5	5	20	7	82	II
<i>S. vulgaris</i> L.	20	10	10	5	5	25	5	80	II

Интродукционная устойчивость видов рода *Syringa* L. в ботаническом саду г. Уфы

Вид	Балл
Высокоустойчивые	
<i>S. josikaea</i>	IV
<i>S. sweginzowii</i>	IV
<i>S. wolfii</i>	IV
<i>S. velutina</i>	IV
Устойчивые	
<i>S. reticulata</i> ssp. <i>amurensis</i>	III
<i>S. reticulata</i> ssp. <i>reticulata</i>	III
<i>S. emodi</i>	III
<i>S. x henryi</i>	III
<i>S. komarowii</i>	III
<i>S. pubescens</i>	III
<i>S. vulgaris</i>	III

Результаты и обсуждение. Все виды сирени в коллекции принадлежат к группе II – перспективные (табл. 1). *Syringa reticulata* ssp. *amurensis* отнесена нами к группе перспективных с оговоркой, что семена у этого вида образуются и вызревают в достаточном количестве только у молодых экземпляров, в то время как плодоношение у взрослых экземпляров необильное и достаточно нерегулярное при обильном цветении. *Syringa reticulata* ssp. *reticulata* при ежегодном цветении плодоносит еще более редко, но семена ее имеют очень высокую всхожесть, и зимостойкость ее – одна из самых высоких в коллекции. Четыре вида из коллекции (*S. josikaea*, *S. sweginzowii*, *S. wolfii*, *S. velutina*) могут размножаться самосевом; у остальных видов самосев в условиях ботанического сада не отмечен, но они хорошо плодоносят и имеют достаточно высокое качество семян, т.е. в культуре их можно успешно размножить семенами. Обильно и ежегодно цветущая *Syringa vulgaris* полноценных семян образует чрезвычайно мало, но вместе с тем она обладает довольно высокой зимостойкостью и может размножаться порослью, поэтому по сумме баллов отнесена к группе перспективных. Все виды сирени в коллекции достаточно зимостойки в условиях Башкирского Предуралья, обладают способностью к полному одревеснению побегов, дают хорошие приросты в вы-

соту и сохраняют форму роста, присущую каждому виду. Таким образом, практически все виды сирени в коллекции ботанического сада по сумме показателей можно отнести к группе перспективных для дальнейшей интродукции.

Результаты распределения видов сирени по шкале устойчивости представлены в табл. 2. Согласно первоисточнику [8], по степени интродукционной устойчивости анализируемые виды можно разделить на 4 группы: высокоустойчивые (IV балла), устойчивые (III балла), слабоустойчивые (II балла) и неустойчивые (I балл). По нашим данным, слабоустойчивых и неустойчивых видов в коллекции нет. К высокоустойчивым отнесены виды, размножающиеся самосевом, все остальные – к устойчивым.

Таким образом, по интегральной интродукционной оценке четыре вида сирени (*S. josikaea*, *S. sweginzowii*, *S. wolfii* и *S. velutina*) являются высокоустойчивыми, остальные виды отнесены к группе устойчивых. Все виды перспективны для широкого использования в озеленении в Башкирском Предуралье.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каталог растений Ботанического сада-института Уфимского научного центра РАН. Уфа: Гилем, 2012. 224 с.
2. Полякова Н.В. Биоразнообразие декоративных кустарников-интродуцентов в Башкирском ботаническом саду // Биоразнообразие и биоресурсы

Урала и сопредельных территорий: Мат-лы Международной конференции. Оренбург, 2001. С. 149–150.

3. Мурзабулатова Ф.К. Род *Hydrangea* L. в коллекции Ботанического сада-института Уфимского научного центра РАН // Проблемы современной дендрологии: Мат-лы международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения члена-корреспондента АН СССР П.И. Лапина. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2009. С. 236–239.

4. Мурзабулатова Ф. К., Полякова Н. В., Малораспространенные декоративно-лиственные кустарники коллекции Уфимского ботанического сада // Живые и биокосные системы. 2015. № 13. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-13/article-5>

5. Полякова Н.В., Путенихин В.П., Вафин Р.В. Сирени в Башкирском Предуралье: интродукция и биологические особенности. Уфа: Гилем, 2010. 170 с.

6. Полякова Н.В., Путенихин В. П. Оценка декоративности сирени (*Syringa* L.) // Аграрная Россия. 2013. № 2. С. 14–19.

7. Лапин П.И., Сиднева С.В. Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений // Опыт интродукции древесных растений. М., 1973. С. 7–67.

8. Трулевич Н.В. Эколого-фитоценологические основы интродукции растений. М.: Наука, 1991. 214 с.

References

1. Catalogue of plants in the Botanical Garden-Institute, Ufa Scientific Centre, Russian Academy of

Sciences. Second edition, revised and supplemented. Ufa, AN RB, 2012. 224 p.

2. Polyakova N.V. Biodiversity of ornamental shrubs introduced into the Bashkir Botanical Garden. Biioraznoobrazie i bioresursy Urala i sopredelnykh territoriy Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii. Orenburg, 2001, pp. 149–150.

3. Murzabulatova F.K. The genus *Hydrangea* L. in the collection of the Botanical Garden-Institute, Ufa Scientific Centre, RAS. Problemy sovremennoy dendrologii. Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy 100-letiyu so dnya rozhdeniya chlena-korrespondenta AN SSSR P.I. Lapina. Moscow, Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2009, pp. 236–239.

4. Murzabulatova F.K., Polyakova N.V. Rare ornamental leafy shrubs in the collection of the Ufa Botanical Garden. Zhivye i biokosnye sistemy, 2015, no. 13. Available at: <http://www.jbks.ru/archive/issue-13/article-5>

5. Polyakova N.V., Putenikhin V.P., Vafin R.V. Lilacs in the Bashkir Cis-Urals: Introduction and biological features. Ufa, Gilem, 2010. 170 p.

6. Polyakova N.V., Putenikhin V.P. Evaluation of lilac (*Syringa* L.) ornamental characteristics. Agrarnaya Rossiya, 2013, no. 2, pp. 14–19.

7. Lapin P.I., Sidneva S.V. Estimation for prospects of introducing arboraceous plants according to visual observations. Opyt introduktsii drevesnykh rasteniy. Moscow, 1973, pp. 7–67.

8. Trulevich N.V. Eco-phytocoenocetic principles in plant introduction. Moscow, Nauka, 1991. 214 p.

INTEGRATED ESTIMATION FOR PROSPECTS OF THE *Syringa* L. SPECIES IN THE COLLECTION OF THE UFA BOTANICAL GARDEN-INSTITUTE

© N.V. Polyakova

Botanical Garden-Institute, Ufa Scientific Centre, RAS,
195/3, ulitsa Mendeleeva, 450080, Ufa, Russian Federation

The article presents the results of long-term studies on introducing 11 species of *Syringa* L. in the collection of the Botanical Garden-Institute, Ufa Scientific Centre, Russian Academy of Sciences.

As a rule, only one or two *Syringa* species are used in gardening, whereas the species assortment is much wider in the collections of botanical gardens. The majority of the *Syringa* species have a high degree of stability under new conditions.

In the Ufa Botanical Garden the *Syringa* species have been cultivated since the 1960s. All of them were grown up from seeds received from other introduction centres. For several decades these species have been observed under new introduction conditions to study their winter hardiness, generative development, reproduction capability, sprout lignification, and preservation of the growth form. According to the results of this long-term research, it was concluded that four species (*Syringa josikaea*, *S. sweginzowii*, *S. wolfii* and *S. velutina*) are highly stable under the conditions of the Bashkir Cis-Urals, while the other species can be classified as resistant. All species are promising for a wide use in gardening urban and rural areas in Bashkortostan and the regions with similar climatic conditions.

Key words: *Syringa* L., species, stability, introduction prospects.

УДК 631.461

**ВЛИЯНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
НА БИОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛУГИДРОМОРФНЫХ ПОЧВ
РАВНИННОЙ ЧАСТИ КАБАРДИНО-БАЛКАРИИ**

© О.Н. Горобцова, Т.С. Улигова, Р.Х. Темботов, Е.М. Хакунова

В рамках разработки методики экологической оценки почвенного покрова Центрального Кавказа изучены биохимические свойства естественных и агрогенных полугидроморфных почв равнинной части Кабардино-Балкарии. Установлены генетически обусловленные показатели, характеризующие кислотно-щелочные условия, содержание и запасы гумуса, ферментативную активность изученных почв в природных саморегулирующихся системах, а также степень их изменения в пахотных почвах. Дана характеристика биохимических свойств естественных почв исследуемых территорий (луговато- и лугово-черноземных почв, луговых, аллювиально-луговых и аллювиально-дерновых). Почвы биогеоценозов характеризуются слабощелочной реакцией ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 7.88\text{--}8.21$), являются малогумусными (4.4–5.7%), за исключением слабогумусированных аллювиально-дерновых (3.7%), и обладают средними и низкими запасами органического вещества (90–114 т/га в слое 0–20 см). Активность ферментов, принадлежащих к классам оксидоредуктаз (каталазы и дегидрогеназы) и гидролаз (фосфатазы, инвертазы и уреазы), средняя и высокая. Определены изменения, произошедшие в изученных почвах в результате сельскохозяйственного использования: снижение содержания гумуса (в среднем на 29%) и его запасов (в среднем на 21%). Пахотные почвы принадлежат к виду слабогумусированных (3.6–3.7%), с низкими запасами органического вещества (84–90 т/га). Зафиксировано снижение активности гидролаз от средней до слабой (инвертаза, фосфатаза) и от высокой до средней (уреаза). Суммарная относительная активность гидролаз снизилась в среднем на 54%. Потеря суммарной относительной активности оксидоредуктаз гораздо меньше – 17% и характерна только для полугидроморфных аналогов черноземов. В луговых почвах этот показатель остается на прежнем уровне. Для определения общей ферментативной активности естественных и агрогенных почв рассчитан показатель суммарной относительной активности пяти изученных ферментов. Его снижение в пахотных почвах составляет в среднем 31%. Двухфакторный анализ подтвердил приоритетную роль фактора сельскохозяйственного использования по сравнению с генетическими особенностями (на типовом и подтиповом уровне) в формировании биохимических свойств изученных почв. Собранная информация пополнит базу данных, содержащую показатели состояния почв равнинной части Кабардино-Балкарии, на основании которой создается интерактивная картографическая модель, отражающая пространственную вариабельность изученных почвенных свойств.

Ключевые слова: полугидроморфные почвы, сельскохозяйственное воздействие, гумус, ферменты, гидролазы, оксидоредуктазы.

Крупнейшие реки Кабардино-Балкарии – Терек, Черек, Баксан, Малка и их притоки образуют сложную гидрографическую сеть, формирующую рельеф, растительный и почвенный покров речных долин Кабардинской наклонной равнины. Дополнительные источники влаги формируют специфический

водный и воздушный режим, влияют на особенности строения профиля почв, развивающихся в поймах и дельтах рек. Такими источниками являются грунтовые воды, уровень которых может быть различным, в зависимости от сезонных изменений, а также периодическое поверхностное затопление при па-

ГОРОБЦОВА Ольга Николаевна – к.б.н., Институт экологии горных территорий им. А.К. Темботова РАН, e-mail: gorobzowaon@mail.ru

УЛИГОВА Татьяна Сахатгериевна, Институт экологии горных территорий им. А.К. Темботова РАН, e-mail: ecology_lab@mail.ru

ТЕМБОТОВ Рустам Хасанбиевич, Институт экологии горных территорий им. А.К. Темботова РАН, e-mail: tembotov.rustam@mail.ru

ХАКУНОВА Елена Мухадиновна, Институт экологии горных территорий им. А.К. Темботова РАН, e-mail: elena.khakunova@mail.ru

водке. Эти явления обуславливают гидроморфизм нижней части профиля, а аллювиальный кольматаж – особенности гранулометрического состава, слоистость профиля и наличие включений галечника [1]. Огромное количество переносимого реками материала служит почвообразующими породами для формирующихся в различных частях поймы почв. Интенсивность протекания внутрипочвенных биохимических процессов в немалой степени определяется указанными факторами, и биологические свойства полугидроморфных и гидроморфных почв формируются в условиях, отличных от характерных для автоморфных черноземов, распространенных в равнинной части республики. Исследуемые почвы являются ценными сельскохозяйственными угодьями, а дополнительное увлажнение, столь необходимое в степной зоне, повышает их хозяйственное использование.

Результаты, представленные в данной работе, являются частью комплексного исследования почвенного покрова Кабардино-Балкарии. Наши усилия направлены на разработку методики экологической оценки, основанной на изучении биологических свойств почвы, определении общего уровня ее биологической активности и оценке степени его изменения при антропогенном воздействии. Общий уровень биологической активности почв тесно связан с деятельностью почвенных ферментов, катализирующих важнейшие биохимические процессы. Вклад ферментов класса оксидоредуктаз (дегидрогеназы и каталазы) и гидролаз (инвертазы, уреазы и фосфатазы) в биохимический режим почв весьма значителен и определение уровня ферментативной активности естественных и агрогенных почв является необходимой частью экологической оценки почвенного покрова.

Цель исследования: установить уровень биохимической активности полугидроморфных и гидроморфных почв равнинной части Кабардино-Балкарии на основании каталитической активности ферментов класса гидролаз (уреазы, фосфатазы, инвертазы) и оксидоредуктаз (каталазы и дегидрогеназы) и опре-

делить степень изменения в результате сельскохозяйственного использования.

Объектами исследования являются пахотные и естественные почвы. Полугидроморфные аналоги черноземов – луговато- и лугово-черноземные почвы, карбонатные и выщелоченные, в основном среднemosные, тяжелосуглинистые, на аллювиально-делювиальных суглинках и глинах, занимающие площадь около 25 тыс. га [2]. Луговые почвы, большей частью карбонатные, среднemosные, тяжело- и среднесуглинистые на аллювиальных отложениях, расположенные на площади около 97.6 тыс. га [2]. Аллювиально-луговые и аллювиально-дерновые почвы развиваются в прирусловой зоне и не используются под пашню, поэтому описаны только в своем естественном состоянии. Аллювиальные почвы являются в основном карбонатными, средне- и маломощными, легкосуглинистыми и супесчаными, на аллювиальных отложениях занимаемая площадь составляет около 37 тыс. га [2]. Сведения об особенностях морфологии и изменениях биохимической активности в профиле названных почв опубликованы ранее [3]. В настоящей работе приводятся результаты исследования наиболее биогенных горизонтов – пахотного и гумусового (0–20 см), сравнение показателей которых позволяет оценить изменения биохимических свойств почв, произошедшие в результате воздействия комплекса агрогенных факторов.

Район исследования представляет собой часть наклонной Кабардинской равнины в пределах Кабардино-Балкарии. Важной особенностью рассматриваемых территорий является их принадлежность к двум различным вариантам поясности – эльбрусскому и терскому. В соответствии с типизацией высотнопоясной структуры, разработанной А.К. Темботовым [4], граница между ними проходит по линии: Дых-тау – Каракая – нижнее течение р. Баксан. Орографические особенности данных территорий, наличие и расположение горных хребтов, регулирующих распространение сухих и влажных воздушных потоков, формируют характерные для каждого варианта поясности климатические условия.

Терскому варианту поясности соответствует более мягкий и влажный климат (коэффициент увлажнения (K_y) 0.7–0.8), эльбрусскому – более сухой и континентальный (K_y 0.5–0.6). Экосистемы всех высотных поясов эльбрусского варианта характеризуются заметной ксерофитизацией ландшафтов, причиной которой служит пологость склонов, ширина речных долин и свободная циркуляция сухих ветров из Прикаспия. Особенности климата эльбрусского варианта вызывают задержку в фенологических сроках (по сравнению с терским вариантом) приблизительно на две недели. Исследования проводились в степной зоне, поясе луговых степей эльбрусского варианта и лесостепном поясе терского варианта поясности.

Наряду с воздействием различных биоклиматических условий терского и эльбрусского вариантов поясности, на структуру почвенного и растительного покровов оказывают влияние особенности мезо- и микрорельефа исследуемых территорий, в формировании которых ведущую роль играет сложная речная система со множеством рукавов, притоков, новыми и старыми руслами рек и пр. Все эти факторы способствуют созданию сложной картины пространственной дифференциации почвенного и растительного покровов, различных сочетаний типов почв и растительности.

В поймах рек естественная растительность представлена остепненными вариантами луга (разнотравно-злаковые фитоценозы), мезофильными (разнотравно-лугово-овсяницевые) и более влажными (разнотравно-стальниковые) сообществами. Кроме того, в долинах рек распространена древесно-кустарниковая растительность с участием тополя белого, тополя черного, ольхи серой, шелковицы, боярышника, шиповника и других видов. Однако природные биогеоценозы сохранились лишь на небольших участках, основная часть исследуемых почв используется под пашню и посевы пшеницы, кукурузы, подсолнечника, овощных культур.

Методы исследования. Изучение свойств полугидроморфных и гидроморфных почв района исследований, занимающих общую

площадь около 160 тыс. га, осуществлялось с 2011 по 2015 год. Отбор и подготовка почвы для лабораторных исследований производились общепринятыми в почвоведении методами [5]. Образцы отбирались в верхних горизонтах исследуемых почв, на глубине 0–20 см. Точки отбора сравниваемых генетических аналогов естественных и пахотных почв находились на небольшом расстоянии друг от друга (в пределах 500 м). Диагностика почв проведена в соответствии с генетической классификацией [1, 6]. При определении местоположения точек отбора использовали картографические материалы [2] и персональный навигатор GPSMAP 60 СЕХ: координаты мест исследования изменяются в границах 43°23'9.03" – 43°52'56.58" с. ш. и 43°16'48.82" – 44°21'229.0822 в. д., высота от 111 до 625 м над ур. м.

Содержание органического углерода в почве определяли методом Тюрина в модификации Никитина, влажность и плотность почв – весовым методом, рН водной суспензии почвы – потенциометрически. Уровень активности каталазы установили газометрическим методом, остальных ферментов (дегидрогеназы, инвертазы, фосфатазы, уреазы) – колориметрически. Оценка уровня ферментативной активности почв и интенсивности почвенного дыхания осуществлялась по шкале Гапонюк, Малахова. Суммарную относительную активность ферментов рассчитывали по методике Звягинцева [5]. Статистическую обработку и корреляционный анализ результатов выполнили в программе Statistica 10.0. С помощью дисперсионного двухфакторного анализа (Factorial ANOVA) установили силу влияния и значимость исследуемых факторов на изученные показатели. В исследованиях принят уровень значимости $p \leq 0,05$.

Обсуждение результатов. При оценке биохимических свойств почвы необходимы данные, характеризующие кислотно-щелочные условия, которые влияют на активность почвенных ферментов, процессы гумификации и минерализации органического вещества, деятельность почвенных микроорганизмов. Зна-

чения, характеризующие рН водной суспензии (табл. 1), показывают, что верхние горизонты исследуемых почв обладают слабощелочной реакцией, типичной и для автоморфных почв Кабардинской равнины [3, 7]. Некоторые различия в значениях показателей рН естественных и агрогенных почв не являются статистически значимыми, неблагоприятных процессов подкисления или подщелачивания пахотных горизонтов не обнаружено. Исследования плотности верхних горизонтов обрабатываемых почв свидетельствуют, что показатели плотности находятся в пределах благоприятных значений для возделываемых культур, статистически значимо не отличаются от естественных почв, а процессов существенного уплотнения пахотного горизонта не наблюдается. Значения плотности гумусового слоя почв биогеоценозов обусловлены хорошо развитой корневой системой травянистых растений и активной деятельностью дождевых червей, ходами которых пронизаны гумусовые горизонты изученных почв, что является факторами, способствующими формированию их высокой биологической активности.

Содержание и запас гумуса – качества, зависящие от состава и активности почвенной биоты и интенсивности биохимических

процессов, поэтому их определение необходимо при оценке степени изменения биохимических свойств антропогенно-нарушенных почв [5]. Как показывает анализ данных табл. 1, почвы биогеоценозов являются в основном малогумусными, а запасы гумуса в исследуемом слое средние [1, 6]. Содержание гумуса, не превышающее 6%, характерно и для естественных черноземов степной зоны Кабардино-Балкарии, при этом и черноземы и их полугидроморфные аналоги имеют растянутый гумусовый горизонт (А+АВ около 80 см), благодаря практически круглогодичной биологической активности почв южно-европейской фации [1, 6, 7]. Аллювиальные почвы менее богаты органическим веществом, обладают низкими запасами гумуса, а аллювиально-дерновые по среднему показателю содержания гумуса относятся к виду слабогумусированных [6].

Дегумификация пахотных почв – процесс широко распространенный и достаточно подробно изученный. По данным И.В. Тюрина, при возделывании зерновых культур ежегодно расходуется 0.5–1.0 т/га гумуса, а при выращивании пропашных – почти вдвое больше [8]. При распашке наиболее интенсивно минерализуются лабильные фракции гумуса.

Т а б л и ц а 1

Средние показатели исследуемых пахотных и естественных почв (в слое 0–20 см) равнинной части Кабардино-Балкарии

Почвы	рН(H ₂ O)	Плотность почв, г/см ³	Гумус, %	Запас гумуса, т/га
Луговато-черноземные $\frac{n=14}{n=9}$	$\frac{8.04\pm 0.07}{8.20\pm 0.07}$	$\frac{1.1\pm 0.1}{1.2\pm 0.1}$	$\frac{5.7\pm 0.4}{3.7\pm 0.3}$	$\frac{113\pm 5}{84\pm 7}$
Лугово-черноземные $\frac{n=21}{n=18}$	$\frac{7.88\pm 0.13}{7.96\pm 0.16}$	$\frac{1.2\pm 0.1}{1.2\pm 0.1}$	$\frac{5.0\pm 0.4}{3.7\pm 0.2}$	$\frac{114\pm 9}{90\pm 4}$
Луговые $\frac{n=26}{n=19}$	$\frac{7.92\pm 0.08}{8.11\pm 0.05}$	$\frac{1.1\pm 0.1}{1.2\pm 0.1}$	$\frac{4.9\pm 0.3}{3.6\pm 0.2}$	$\frac{109\pm 8}{89\pm 5}$
Аллювиально-луговые $\frac{n=16}{\text{не опр.}}$	$\frac{8.05\pm 0.08}{\text{не опр.}}$	$\frac{1.1\pm 0.1}{\text{не опр.}}$	$\frac{4.4\pm 0.7}{\text{не опр.}}$	$\frac{90\pm 10}{\text{не опр.}}$
Аллювиально-дерновые $\frac{n=15}{\text{не опр.}}$	$\frac{8.21\pm 0.07}{\text{не опр.}}$	$\frac{1.1\pm 0.1}{\text{не опр.}}$	$\frac{3.7\pm 0.4}{\text{не опр.}}$	$\frac{93\pm 10}{\text{не опр.}}$

Примечание. В числителе – показатели естественных почв, в знаменателе – пахотных.

По мере уменьшения их доли возрастает инертность гумуса и снижаются темпы его потерь, вплоть до достижения динамического равновесия, при котором содержание органического вещества в почве может длительное время оставаться неизменным, но уже на более низком, по сравнению с природным, уровне [9]. Снижение содержания гумуса в пахотных горизонтах, в сравнении с их естественными аналогами, составляет 26–35%, а запасов – 18–25%. Агрогенные почвы являются слабогумусированными (менее 4%) и обладают в слое 0–20 см низкими запасами гумуса (менее 100 т/га) [6]. Факторный анализ показал, что на изменение содержания гумуса основное влияние оказывает фактор сельскохозяйственного использования – 27% ($F = 141.1$; $p = 0.000$), тогда как влияние генетических особенностей изученных почв, хотя и достоверно, составляет всего 6% ($F = 2.7$; $p = 0.000$).

Активность почвенных ферментов отражает изменение направления эволюции почв, связанное с агрогенным воздействием, может служить показателем их биологической активности и индикатором интенсивности протекания биохимических процессов [10]. Представители класса гидролаз изменяют свой

уровень активности при сельскохозяйственном воздействии: инвертаза и фосфатаза – от среднего до слабого, уреазы – от высокого до среднего (табл. 2). Степень ослабления каталитической активности самая низкая для фосфатаз – в среднем на 37%, далее следует инвертаза – на 59% и уреазы – на 65%.

Влияние фактора сельскохозяйственного воздействия значительно и достоверно для всех трех ферментов – 20–38% ($F > 74.3$; $p = 0.000$), сила влияния генетических особенностей почв составляет всего 2–5%. Расчеты суммарной относительной активности трех изученных гидролитических ферментов показали, что их общий уровень активности снизился в пахотных горизонтах в среднем на 54%, что говорит о существенном изменении в интенсивности протекания процессов углеродного, азотного и фосфорного обмена в системе почва–растение.

Представители класса оксидоредуктаз – дегидрогеназа и каталаза в естественных почвах проявляют среднюю активность. Обработка практически не влияет на деятельность каталазы, которая в пахотных горизонтах остается на прежнем уровне и статистически не отличается от показателей их природных ана-

Т а б л и ц а 2

Средние показатели ферментативной активности исследуемых почв агро- и биогеоценозов (в слое 0–20 см) равнинной части Кабардино-Балкарии

Почвы	Дегидрогеназа, мг ТФФ 10 г/24 ч	Каталаза, мл O ₂ 1 г/1 мин	Инвертаза, мг глюкозы 1 г/24 ч	Уреазы, мг NH ₃ 10 г/24 ч	Фосфатаза, мг P ₂ O ₅ 100 г/1 ч
Луговато-черноземные $\frac{n = 14}{n = 9}$	$\frac{9.4 \pm 0.9}{6.4 \pm 0.6}$	$\frac{6.4 \pm 0.5}{6.0 \pm 0.7}$	$\frac{21.2 \pm 2.6}{7.2 \pm 1.0}$	$\frac{56.8 \pm 10.4}{15.7 \pm 2.5}$	$\frac{23.3 \pm 4.0}{14.6 \pm 1.9}$
Лугово-черноземные $\frac{n = 21}{n = 18}$	$\frac{9.1 \pm 0.9}{5.4 \pm 0.5}$	$\frac{6.3 \pm 0.5}{6.3 \pm 0.8}$	$\frac{20.7 \pm 2.6}{10.7 \pm 1.0}$	$\frac{40.4 \pm 6.2}{15.1 \pm 2.2}$	$\frac{23.5 \pm 1.5}{15.1 \pm 0.8}$
Луговые $\frac{n = 26}{n = 19}$	$\frac{11.6 \pm 1.0}{10.8 \pm 0.8}$	$\frac{4.3 \pm 0.5}{4.8 \pm 0.7}$	$\frac{20.0 \pm 1.8}{7.2 \pm 0.7}$	$\frac{50.5 \pm 5.6}{19.6 \pm 2.1}$	$\frac{21.4 \pm 1.8}{13.3 \pm 1.0}$
Аллювиально-луговые $\frac{n = 16}{\text{не опр.}}$	$\frac{8.1 \pm 0.9}{\text{не опр.}}$	$\frac{3.2 \pm 0.4}{\text{не опр.}}$	$\frac{19.7 \pm 3.5}{\text{не опр.}}$	$\frac{39.7 \pm 8.1}{\text{не опр.}}$	$\frac{19.8 \pm 2.1}{\text{не опр.}}$
Аллювиально-дерновые $\frac{n = 15}{\text{не опр.}}$	$\frac{10.1 \pm 0.8}{\text{не опр.}}$	$\frac{3.9 \pm 0.7}{\text{не опр.}}$	$\frac{15.3 \pm 2.4}{\text{не опр.}}$	$\frac{31.5 \pm 4.8}{\text{не опр.}}$	$\frac{17.0 \pm 2.5}{\text{не опр.}}$

Примечание. В числителе – показатели почв агроценозов, в знаменателе – биогеоценозов.

логов ($t < 0.5$; $p > 0.6$). Деятельность дегидрогеназы существенно ($t > 2.6$; $p < 0.017$) снижается в полугидромофных аналогах черноземов, где может характеризоваться как слабая, а в луговых агрогенных почвах практически не изменяется и остается средней. Суммарная относительная активность оксидоредуктаз незначительно (на 17%) ослабляется в пахотных горизонтах луговато- и лугово-черноземных почв, а в луговых фиксируется на уровне естественных аналогов. Усиление аэрации, происходящее при обработке почв, активизирует деятельность оксидоредуктаз, поэтому снижение их активности не столь существенно, как установленное для гидролитических ферментов. К аналогичным выводам пришли и другие авторы, исследовавшие изменение активности почвенных ферментов под воздействием комплекса агрогенных факторов [10].

На активность каталазы и дегидрогеназы сельскохозяйственное воздействие практически не оказывает влияния (1%), а сила влияния генетических особенностей изученных почв составляет 26% ($F > 15.2$; $p = 0.000$). Нельзя не отметить высокий вклад в дисперсию изученных признаков комплекса неучтенных факторов (58–75%). Определение и изучение этих факторов является предметом отдельных исследований.

Расчитанные значения суммарной относительной активности всех пяти изученных

ферментов в ряду исследуемых почв представлены на диаграмме (рис.). Данные, характеризующие естественные биогеоценозы, демонстрируют очень близкие значения общей активности изученных ферментов в полугидроморфных аналогах черноземов и луговых почвах

Аллювиальные почвы по данному показателю близки между собой, но их суммарная относительная ферментативная активность значительно ниже по сравнению с остальными изученными почвами. Вероятно, причиной является более легкий гранулометрический состав (легкосуглинистый и супесчаный), многочисленные вкрапления песка и гальки, снижающие поглонительную способность почвы и возможность иммобилизации ферментов, выделенных почвенной биотой. Существенным фактором является и меньшее содержание гумуса в аллювиальных почвах, так как установлено, что большая часть ферментного комплекса почвы связана с гумусовыми веществами [10].

Данные корреляционного анализа подтверждают существующую зависимость между значениями активности изученных ферментов и показателями содержания гумуса в естественных почвах ($r = 0.4–0.6$). В пахотных горизонтах природные взаимосвязи нарушаются и коэффициенты корреляции снижаются ($r = 0.1–0.4$). В наименьшей степени коррелирует с содержанием гумуса дегидрогеназа ($r = 0.1$), активность которой связана в основном с интенсивностью микробных про-

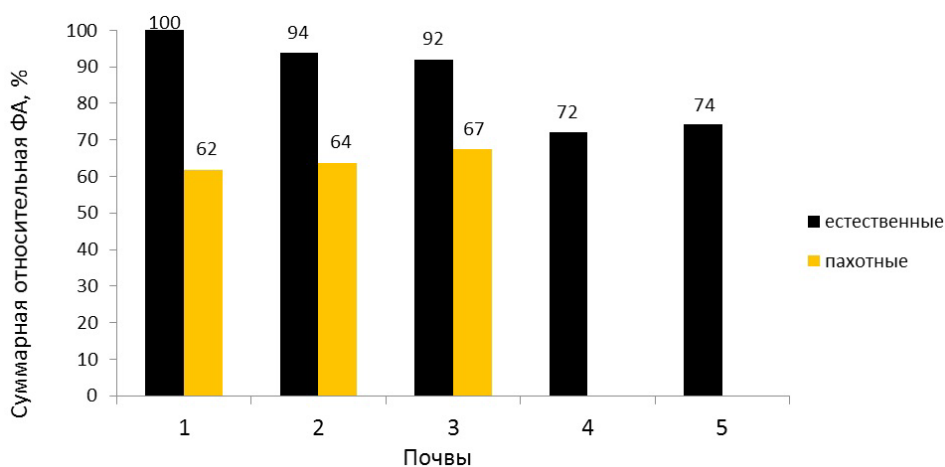


Рис. Показатели суммарной относительной ферментативной активности исследуемых естественных и пахотных почв (в слое 0–20 см) равнинной части Кабардино-Балкарии: 1 – Луговато-черноземные; 2 – Лугово-черноземные; 3 – Луговые; 4 – Аллювиально-луговые; 5 – Аллювиально-дерновые

цессов (нитрификация, азотофиксация, «дыхание почвы») [10].

Снижение суммарной относительной активности ряда изученных ферментов в агрогенных почвах составляет в среднем 36%. По степени уменьшения данного показателя полугидроморфные аналоги черноземов и луговые почвы незначительно отличаются друг от друга. Следует отметить, что изученные характеристики этих почв в естественном состоянии достаточно близки, и при схожем уровне антропогенной нагрузки – изменяются в равной степени.

Заключение. При проведении фундаментальных исследований состояния почвенного покрова Центрального Кавказа необходимо комплексное изучение почвы как биологической системы. Представленная в данной работе информация о кислотно-щелочных условиях, гумусном состоянии и каталитической деятельности почвенных ферментов направлена на определение общего уровня биологической активности естественных и агрогенных полугидроморфных почв республики и их экологическую оценку. Полученные данные восполняют дефицит сведений о биологических свойствах почв равнинных территорий Кабардино-Балкарии, являются частью фундаментальных комплексных исследований почвенного покрова Центрального Кавказа, следующим этапом которых станет создание базы данных о ряде важнейших биологических свойств почвы и степени их изменения при сельскохозяйственном использовании. Полученный материал, характеризующий фактическое состояние изученных почв, будет визуализирован в виде интерактивной карты, различные слои которой представят те или иные почвенные показатели. Проводимые исследования имеют как научное, так и практическое значение и могут стать основой долгосрочной мониторинговой программы наблюдений за состоянием почвенного покрова, необходимость которой растёт по мере усиления антропогенной нагрузки на почвы как равнинных, так и горных территорий Кавказа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вальков В.Ф., Колесников С.И., Казеев К.Ш. Почвы юга России: классификация и диагностика. Ростов-на-Дону: СКНЦ ВШ, 2002. 349 с.
2. Молчанов Э.Н., Калмаков В.Д., Романова А.К. и др. Почвенная карта Кабардино-Балкарской АССР (1:100000). Новосибирск: Роскартография, 1984.
3. Улигова Т.С., Хежева Ф.В., Горобцова О.Н., Темботов Р.Х. Профильно-генетические особенности ферментативной активности полугидроморфных почв степной зоны Центрального Кавказа (в пределах Кабардино-Балкарии) // Вестник АГУ. 2012. Вып. 3. (106). С. 90–98.
4. Соколов В.Е., Темботов А.К. Позвоночные Кавказа. Млекопитающие. Насекомоядные. М.: Наука, 1989. 548 с.
5. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. Ростов-на-Дону, 2003. 204 с.
6. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 224 с.
7. Горобцова О.Н., Хежева Ф.В., Улигова Т.С., Темботов Р.Х. Эколого-географические закономерности изменения биологической активности автоморфных почв равнинных и предгорных территорий Северного макросклона Центрального Кавказа (в пределах Кабардино-Балкарии) // Почвоведение. 2015. № 3. С. 347–359.
8. Тюрин И.В. Органическое вещество почв и его роль в плодородии. М.: Наука, 1965. 320 с.
9. Ахтырцев Б.И., Ахтырцев А.Б. Изменение гумусного состояния лесостепных и степных черноземов под курганами и при длительной распашке // Почвоведение. 2002. № 2. С. 140–149.
10. Хазиев Ф.Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв. М.: Наука, 1982. 200 с.

References

1. Valkov V.F., Kolesnikov S.I., Kazeev. Soils of Southern Russia: Classification and diagnostics. Rostov-na-Donu, SKNTs VSh, 2002. 349 p.
2. Molchanov E.N., Kalmakov V.D., Romanova A.K. Soil map of the Kabardino-Balkar Autonomous Soviet Socialist Republic (1:100000). Novosibirsk, Roskartografiya, 1984.
3. Uligova T.S., Khezheva F.V., Gorobtsova O.N., Tembotov R.Kh. Profile and genetic peculiarities of enzymatic activity in semihydromorphic soils of the steppe zone of the Central Caucasus (within the Kabardino-Balkaria). Vestnik AGU, 2012, no. 3 (106), pp. 90–98.

4. Sokolov V.E., Tembotov A.K. Vertebrata of the Caucasus. Mammalia. Insectivora. Moscow, Nauka, 1989. 548 p.

5. Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I., Valkov V.F. Biological diagnostics and soil quality indication: Research methods and techniques. Rostov-na-Donu, 2003. 204 p.

6. Soil classification and diagnostics in the USSR. Moscow, Kolos, 1977, 224 p.

7. Gorobtsova O.N., Khezheva F.V., Uligova T.S., Tembotov R.Kh. Ecological and geographical regularities of changes in the biological activity of automorphic soils

i the foothills and adjacent plains of the Central Caucasus Region (Kabardino-Balkar Republic). Pochvovedenie, 2015, no. 3, pp. 347–359.

8. Tyurin I.V. Soil organic matter and its role in fertility. Moscow, Nauka, 1965. 320 p.

9. Akhtyrtsev B.I., Akhtyrtsev A.B. Changes of the humus state in forest-steppe and steppe chernozems under kurgans and at long-term ploughing. Pochvovedenie, 2002, no. 2, pp. 140–149.

10. Khaziev F.Kh. System and ecological analysis of enzymatic activity in soils. Moscow, Nauka, 1982. 200 p.

THE EFFECT OF AGRICULTURAL EXPLOITATION ON BIOCHEMICAL PROPERTIES OF SEMIHYDROMORPHIC SOILS IN THE PLAINS OF KABARDINO-BALKARIA

© O.N. Gorobtsova, T.S. Uligova, R.K. Tembotov, E.M. Khakunova

Tembotov Institute of Ecology of Mountain Territories, Kabardino-Balkar Scientific Centre, RAS,
37-a, ulitsa I. Armand, 360051, Nalchik, Kabardino-Balkaria, Russian Federation

Biochemical properties of natural and agrogenic semihydromorphic soils in the plains of Kabardino-Balkaria have been studied in order to develop methods of ecological assessment of the soil cover in the Central Caucasus. Genetically specified parameters characterizing acid-base conditions, humus contents and resources, enzymatic activity of the soils in question in natural self-regulating systems are determined. Variation of these parameters in arable soils is also revealed. The characteristics of biochemical properties of natural soils (meadow-like and meadow chernozem, meadow, alluvial meadow and alluvial soddy soils) are given for the areas under survey. The soils in the biogeocoenoses are characterized by a subalkali reaction ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 7.88\text{--}8.21$) and low-humus content (4.4–5.7%), except for alluvial soddy soils of lower-humus content (3.7%), and have average to poor organic reserves (90–114 t/ha in 0–20 cm layer). The activity of the enzymes from redox enzyme class (catalase and dehydrogenase) and hydrolyzing enzyme class (phosphatase, invertase and urease) is average to high. The changes in the soils resulting from agricultural exploitation are determined: decrease of humus content (29% on average) and its reserves (21% on average). Arable soils belong to the type of lower-humus content soils (3.6–3.7%) with low organic reserves (84–90 t/ha). A decrease is recorded in the hydrolase activity from average to weak (invertase, phosphatase) and from high to average (urease). The hydrolase total relative activity has decreased, on average, by 54%. The loss in the oxidoreductase total relative activity is much less (17%) and characteristic only for chernozem semihydromorphic analogues. This parameter remains at the former level in meadow soils. The parameter of the total relative activity in five enzymes under survey is calculated in order to determine the overall enzymatic activity in natural and agrogenic soils. In arable soils its decrease comprises, on average, 31%. The two-factor analysis has corroborated the priority factor of agricultural exploitation as compared to genetic peculiarities (at the type and subtype level) in the formation of biochemical properties in the soils. The obtained information will contribute to the database on soil parameters in the plains of Kabardino-Balkaria. This database serves as the basis for interactive cartographic model reflecting spatial variability of the soil properties.

Key words: semihydromorphic soils, agricultural effect, humus, enzymes, hydrolyzing enzymes, redox enzymes.

УДК 551.24

**О ГЕОДИНАМИЧЕСКОМ ПРИНЦИПЕ ЭВОЛЮЦИИ ГЕОВЕЩЕСТВА
В ШАРЬЯЖНО-НАДВИГОВОЙ ТЕОРИИ ФОРМИРОВАНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ**

© Т.Т. Казанцева

На основе установленной автором периодизации важнейших геологических событий, их геодинамических характеристик обоснован принцип эволюции геологического вещества всех уровней его организации. Он заключается в закономерном чередовании эволюционных и деформационных периодов, смена которых обусловлена соответствующими изменениями геодинамических обстановок. Первые характеризуются упорядоченным состоянием вещества, вторые – разупорядоченным. Это характерно для геологического вещества земной коры как для противоположных по знаку тектонических напряжений стадий растяжения и сжатия, так и для тектонических циклов каждой из стадий. Например, тектонический цикл стадии сжатия обеспечивается тектоническим совмещением гетерогенных кор, начинается эволюционным этапом, когда формируется вулканическая серия с гомодромной направленностью вулканизма и дополнительным ему по составу осадконакоплением, а завершается деформационным, формационно представленным флишевой и олистостромовой формациями, а структурно – надвиганием и шарьированием сформированных толщ. В стадию растяжения деформационный период с накоплением грабеновых формаций и интенсивным разломообразованием предшествует эволюционному вулканизму со свойственным ему антидромным характером.

Ключевые слова: принцип, эволюция, периодизация, растяжение, сжатие, циклы, этапы, разломообразование, вулканизм.

Шарьяжно-надвиговая теория формирования земной коры активно разрабатывалась в 1978–1992 гг. исследователями лабораторий «Геотектоника» и «Структурная геология» Института геологии УНЦ РАН докторами наук: М.А. Камалетдиновым, Т.Т. Казанцевой и Ю.В. Казанцевым при участии, в той или иной мере, сотрудников других структурных подразделений. Появление ее было предопределено А.Н. Заварицким еще в 1923 г. Он, оспаривая преимущество продольных взбросов Н.Ф. Чернышева в структурной геологии Южного Урала, настоял на надвиговой их природе. Научному обеспечению данная теория обязана успехам структурной геологии, активно развивающейся на Урале с конца шестидесятых годов прошлого столетия. В это время появились данные о широком развитии структур тангенциальных тектонических напряжений сжатия – шарьяжах, аллохтонных пластинах и чешуях, образованных надвигами. Это положение утвердило приоритет мобилистской доктрины в те-

ории формирования земной коры. Дальнейшие исследования продолжились по направлениям: главные особенности тектоники основных структурных элементов континентов; структурное положение, место и роль офиолитов в формировании земной коры; формационный анализ геологического вещества земной коры; особенности ее вещественного состава; закономерности строения и принципы эволюции геодинамических условий. Результаты изложены в серии монографий, научных отчетов и публикаций авторов, крупными из которых в этот период явились: «Происхождение складчатости», «Аллохтонные офиолиты Урала», «Аллохтонные структуры и формирование земной коры», «Геология и перспективы нефтегазоносности Урала», «Шарьяжно-надвиговая тектоника литосферы», «Структурная геология Магнитогорского синклинория Южного Урала» и многие другие. Общность идеологической платформы исследователей позволила синтезировать полученные вместе и каждым индивиду-

КАЗАНЦЕВА Тамара Тимофеевна – д.г.-м.н., Институт геологии Уфимского научного центра РАН, e-mail: ktt@ufaras.ru

ально новые знания и закономерности в общую концепцию формирования земной коры планеты. Мы назвали ее шарьяжно-надвиговой. Согласно ей, все основные геологические процессы являются **результатом проявлений различной интенсивности тектонических напряжений горизонтальной направленности, предопределяются и завершаются движением тектонических тел.** Углубление, дальнейшее развитие и внедрение этого положения происходит и в настоящее время.

В предлагаемой статье особое внимание уделено периодизации в геологии природных процессов, обоснованию важнейшего принципа геодинамики, заключающегося в смене эволюционных и деформационных периодов в эволюции вещества каждого ранга, характеру взаимосвязей его развития с геодинамическими условиями формирования. Эти вопросы решались с помощью авторской вещественно-структурной методики.

Как известно, земная кора представляет собой верхнюю оболочку нашей планеты. Она различна по составу на континентах и под океанами. Континентальная кора – преимущественно сиалическая, а океаническая – симатическая. Мощность первой находится в пределах 35–70 км, второй – 5–10 км.

В свете современных системных представлений в геологии земную кору следует рассматривать как наиболее крупную по рангу геологическую систему. Эта система состоит из территориально сочленяющихся двуединых противоположностей: с одной стороны – континентов, с другой – океанов, объединяющихся активными зонами *геологического взаимодействия*, где формируются складчатые области, что схематично отображает рис. 1.

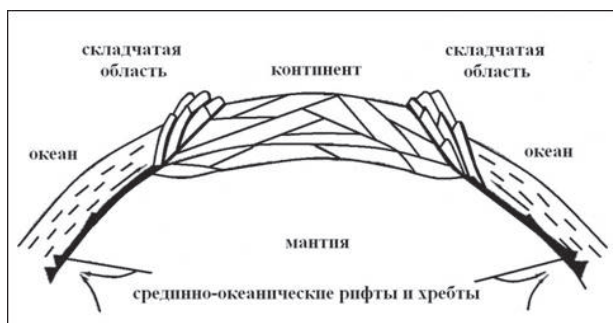


Рис. 1. Принципиальная схема земной коры планеты

Формирование земной коры осуществляется совокупностью геологических процессов, обеспечивающих возникновение и дальнейшую эволюцию многоуровневого геологического вещества: порообразующих минералов, формациеобразующих пород, формаций, формационных рядов и их комплексов. В 1990 г. [1] автор привела обоснование того, что эволюция геологического вещества начальных уровней организации (порообразующих минералов и формациеобразующих пород) отражается структурным упорядочением. Известно, что упорядочение структуры минералов осуществляется при снижении температуры либо повышении давления эволюционным путем, так как оба названных фактора вызывают идентичные структурные изменения в порообразующем минерале эволюционным путем, оставляя состав неизменным. Однако при значительном увеличении давления происходит не только изменение структуры, но и состава, как это имеет место в плагиоклазах, полевых шпатах, а также в группе темноцветных минералов от оливина к амфиболу, затем пироксенам и слюдам. Образование же шпинели из оливина в условиях высоких давлений происходит реконструктивно, с разрывом и реорганизацией связей, с вероятным механизмом нуклеации и роста. Это характерно для деформационного пути. Итак, «на определенном этапе развития эволюционные изменения сменяют соответствующие структурные разупорядочения, ведущие к разномасштабным хаотическим состояниям, а чередование хаоса и порядка, возникновение и развитие второго из первого является неперменным следствием эволюции» [1, с. 35]. Эти выводы согласуются с трудами И.Р. Пригожина [2], И.Р. Пригожина и Н. Стенгерса [3], П. Эткинса [4], а также Р. Мюллера, 1985, А. Патниса и Дж. Мак-Коннелла, 1983, Дж. Карери, 1985 и др. В 1991 г. в одной из работ И.Р. Пригожина обращено внимание на то, что порядок и беспорядок сосуществуют как два аспекта одного целого и дают нам различное видение мира. Наши выводы базировались не только на веществе низких рангов, но и на высоких уровнях орга-

низации вещества и обеспечены новыми материалами по периодизации геологических событий, стадийности, цикличности и этапности становления земной коры, на закономерных последовательностях геодинамической режимности развития складчатой области во времени. Согласно этим данным, периодизация геологических процессов в тезисном изложении выглядит следующим образом.

Формирование земной коры осуществляется *мегациклично*. Каждый мегацикл представлен двумя стадиями: стадией растяжения или *рифтогенно-спрединговой* и стадией сжатия или *геосинклинальной* – в теории геосинклиналей, *субдукции*, *аккреции* и *коллизии* – в новой глобальной тектонике, *тектонического взаимодействия гетерогенных кор* – в шарьяжно-надвиговой теории.

В соответствии с нашими представлениями, стадия растяжения начинается континентальным рифтогенезом, постепенно преобразующимся в океанический.

Заложение рифтов связано с разрывом сплошности толщ, деструкцией континентальной коры. Океанический рифтогенез сопровождается формированием океанической коры, состоящей из гипербазитов, габброидов и пеллагических кремней. Их развитие обладает цикличностью и эволюционной направленностью [5, 6].

Смена стадий обуславливается изменением знака тектонических напряжений. Следовательно, *стадия – это геотектонический период с геодинамическими условиями одного знака, в течение которого формируется земная кора (океаническая – в стадию растяжения, а континентальная – в стадию сжатия)*.

В стадию сжатия наращивается новый сегмент континентальной коры за счет взаимодействия *тектонически совмещенных* разнородных кор ранее образованного континента и сопредельного океана. Накапливались осадочно-вулканогенные формации с *эволюционной* направленностью состава и строения. Потому стадию сжатия мы и назвали *стадией тектонического взаимодействия гетерогенных кор*. Процессы здесь также протекают циклично.

Каждая стадия представлена одним или несколькими тектоническими циклами. Тектонический цикл рифтогенно-спрединговой стадии является результатом нового импульса растяжения, а геологического взаимодействия гетерогенных кор – обусловлен очередным надвиганием блока океанической коры на континентальную.

Тектонический цикл стадии растяжения в начале характеризуется накоплением толщ с довольно правильной повторяемостью сходных по составу и строению терригенных пород, которые явились результатом разрушения грабеновых структур. В них грубообломочные толщи вверх по разрезу сменяются все более мелкозернистыми разностями вплоть до глинистых, затем карбонатных. Это грабеновые формации *деформационного* периода. Вслед за ними образуются магматические образования, которые свойственны *эволюционному* периоду. Они характеризуются антидромной направленностью вулканизма и сравнительно небольшим его развитием.

Тектонический цикл стадии сжатия состоит из *эволюционного этапа*, когда формируется вулканическая серия с гомодромной направленностью вулканизма, и *деформационного*, представленного флишевой и олистостромовой формациями, а структурно – активным процессом разломообразования.

Смена эволюционного на деформационный этап является результатом возрастания напряжений бокового сжатия до критических для данного блока пород значений, способствуя развитию дизъюнктивных деформаций.

Итак, как стадия растяжения, так и стадия сжатия состоят из *деструктивных и эволюционных периодов*. При этом развитие обеих предопределяется и завершается интенсивным деформированием. То же свойственно и тектоническим циклам. Соответствие ранговых подразделений геологического вещества и уровней геотектонической периодизации показано на рис. 2.

Последовательность геодинамических режимов и их сравнительная интенсивность определялись с помощью авторской вещественно-структурной методики, основанной

Ранги геологического вещества	Уровни тектонической периодизации	Режим
Минерал порода		Термодинамический
Формация	Геотектоническая фаза	Геодинамический региональный
Формационная серия	Геотектонический этап	
Формационный ряд	Геотектонический цикл	
Комплекс формационных рядов	Геотектоническая стадия	Глобальный геодинамический
Сегмент земной коры	Цикл Вильсона	

Рис. 2. Ранговые подразделения геологического вещества, их соответствие уровням тектонической периодизации и тектоническому режиму

на системном анализе в геологии и структурных особенностях геологического вещества. В кратком изложении ее обоснование выглядит так.

Известно, что все геологические науки основываются на изучении природных процессов со сбором фактического материала в экспедициях, экспериментах, проводимых в лабораториях, и теоретических обобщениях результатов. Экспериментальные исследования в современной геологии являются неотъемлемой частью решения многих научных проблем. И несмотря на то, что геологические события длятся миллионы лет, любое длительное событие можно представить как следующие друг за другом все более кратковременные эпизоды. Это следует из того, что геологические процессы ранжированы. При этом соответствующие стадийность, цикличность и этапность эволюции складчатой области обосновываются составом и строением соответствующих вещественных комплексов для геосистем всех рангов.

Моделирование процессов в геологии в основном базируется на геологических фактах, собранных в экспедициях различного назначения: одиночных маршрутных пересечений, площадной геологической съемки и полевых тематических исследований. Подходы к расшифровке заложенной в них информации правильно сформулировал еще Н. Стено, который в 1669 г. написал: «... при данном теле определенной формы, созданном согласно законам Природы, в самом теле находим доказательства, раскрывающие место и способ его создания» [7, с. 12]. Расшифровать заложенную в природном теле инфор-

мацию мы и предложили на этом положении, разработав методiku, основанную на системных представлениях в геологии, согласующейся с ними ранговостью вещества и закономерностях состава и строения каждой из вещественных единиц. Мы назвали ее вещественно-структурной.

Вопросы системности в геологии рассматривались нами ранее в публикациях, где в определении геологической системы заложена *общая для всех природных геосистем сущность* – целостность, двуединая противоположность состава и структура. Двуединая противоположность рассматривается по принципу дополнительности, обосновывавшемуся еще древнегреческими философами. Целостность предполагает автономность системы, узнаваемость ее, взаимодействие с внешним миром как целое. Структура определяется как порядок, последовательность, способ организации элементов, характер связей и отношений между составляющими. *Так как каждая система как целостная категория создается структурой, именно в ней и заложена информация об условиях образования. Поэтому основным методом решения геодинамических проблем следует считать тщательное изучение структуры геологических систем всех уровней организации. Выяснение характера изменчивости структурных характеристик в сопряженных по времени условиях эволюционирующей среды, установление закономерностей их преобразования составили суть предложенной нами вещественно-структурной методики.*

На протяжении истории изучения вулканизма в складчатых областях мира многими

исследователями в разные годы выявлены важнейшие закономерности, касающиеся его состава и строения. На Урале, например, ими явились следующие. Установлены типовые формации – их последовательность и неоднократная повторяемость во времени. Определены формационные ряды с последовательной сменой вулканитов основного состава все более кислыми разностями, с возрастанием степени дифференциации вулканитов от начала к концу каждого ряда, со сменой преимущественно афировых структур начальных формаций порфиоровыми – в конечных. Показано последовательное увеличение объема субвулканических, интрузивных и осадочных образований. Отмечено закономерное снижение в осадках кремней при возрастании карбонатных и терригенных пород и др. В согласии с названной выше методикой начальные вулканические формации изливаются в условиях открытости недр, их хорошей проницаемости, что может быть обеспечено только соответствующим по масштабности разломообразованием. Структурные особенности зрелых и конечных формаций являются следствием ухудшения проницаемости данного участка литосферы, что эффективнее всего достигается горизонтальными смещениями магмоподводящих дизъюнктивов. В результате происходит их пережатие и запечатывание. Последнее тем интенсивнее, чем значительнее тектонические напряжения горизонтального сжатия. Накопление флиша определяется разрушением ранее сформированных толщ и происходит там, где вулканическая деятельность прекращается. Это возможно только при полной закрытости недр, при максимальном тангенциальном сжатии. Температуры кристаллизации изверженных горных пород различного состава определяются степенью их тугоплавкости, и потому известны. Для пород основного состава они высокие, для среднего – ниже, для кислого – еще ниже. Таким образом, последовательность геодинамических режимов развития каждого тектонического цикла сводится к зарождению его в условиях низких значений напряжений горизонтального сжатия и высоких температур, дальнейшему постепенному усилению бокового давления и па-

дению температур, разрядке предельно допустимых тангенциальных напряжений при надвигании с возрастанием в зонах перемещений температурных значений. Из сказанного следует, что *напряжение тангенциального сжатия по мере развития тектонического цикла возрастает, а вещественный состав каждой формации и всего тектонического цикла определяются соответствующим геодинамическим режимам их развития.*

При сравнительном анализе состава и строения разновозрастных формационных рядов (тектонических циклов) Южного Урала, а также других складчатых областей (Крымской, Корякско-Камчатской, Карпатской, Аппалачской) выяснено, что в молодом тектоническом цикле, по сравнению с предыдущим, направленно уменьшается объем вулканических серий за счет возрастания флишевых. В составе вулканических серий снижается доля начальных формаций, вплоть до полного исчезновения, за счет увеличения собственно зрелых. Растет объем щелочных серий, интрузивные комплексы получают все большее развитие, а состав их становится все более кислым. Снижается уровень кремнеаккумуляции в осадках, возрастает количество хемогенных и терригенных толщ, в составе флишевых образований олистостромовые горизонты получают большее развитие. Значит, по мере омоложения тектонических циклов ранние формации постепенно редуцируют, уступая место конечным членам. Перечисленные закономерности аналогичны тем, что определены для каждого формационного ряда, характеризующего развитие одного тектонического цикла. Они не могут быть объяснены иначе, как *направленным возрастанием напряжений бокового сжатия по мере омоложения тектонических циклов и обусловленностью их вещественного состава особенностями геодинамического режима.*

Схема соответствия эволюции геодинамического режима складчатой области, их этапности и формационного выполнения (рис. 3) показывает, что деформационный период последовательно сменяет эволюционный и предопределяет его.

Геодинамический режим	Этап	Геологический процесс	Геологические формации
Возрастающее Р и высокая Т при минимальных напряжениях горизонтального сжатия	Эволюционный	Отсутствие дифференциации магмы	Недифференцированные
Повышающееся Р, понижающаяся Т, возрастание напряжений, горизонтального сжатия		Дифференциация магмы	Контрастные непрерывные порфириновые
Высокое Р, низкая Т максимальные напряжения горизонтального сжатия	Деформационный	Шарьирование	Щелочные серии, граниты, флиш и олистостромы
Низкое Р и высокое Т снятие напряжений скалыванием		Магмообразование	

Рис. 3. Соответствие геологических формаций эволюционному и деформационному этапам геодинамических режимов каждого тектонического цикла

Все это, как и чередование деструктивных и эволюционных периодов, а также их взаимообусловленность, наглядно отражены в шарьяжно-надвиговом механизме формирования земной коры континентов [5, 6, 8, 9]. Этот механизм предусматривает зарождение и развитие короформирующего процесса под действием мощного тангенциального сжатия, периодически разряжающегося надвиганием блока океанической коры на сопредельный край континента (рис. 4).

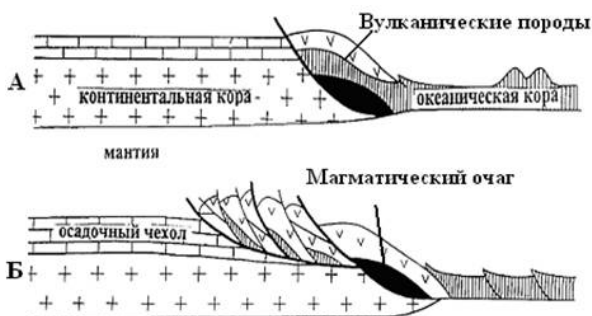


Рис. 4. Схема обдукционной модели формирования земной коры Урала: А – первый и Б – последующие тектонические циклы

Совмещались гетерогенные массы так, что легкоплавкая сиалическая кора оказывалась расположенной под тяжелой тугоплавкой мафического состава. В результате надви-

гания резко возрастала температура за счет перехода механической энергии в тепловую, снималось избыточное давление скалыванием, активизировались геохимические процессы, рождался магматический очаг усредненного состава. Это *деструктивный период разупорядоченности* со свойственной ему высокой энтропией вещества.

Постепенное повышение бокового давления способствовало последовательно возрастающей степени дифференциации магмы, образованию вулканической серии с направленным упорядочением ее строения, что определило *эволюционный характер* развития данного этапа. Эта упорядоченность зафиксирована в веществе всех геологических уровней организации: минералах, породах, формациях, их рядах и комплексах рядов [6].

Когда же латеральные нагрузки вновь возросли так, что ухудшилась проницаемость толщ и стали закрываться магмопроводящие дизъюнктивы, возобновился режим, свойственный *деструктивному этапу*. Это время характеризовалось массовым надвиганием и шарьированием горных масс, осложняемых складчатостью.

Очередное надвигание пластины океанической коры на континентальную обусловило зарождение следующего тектоническо-

го цикла со своими *деструктивными и эволюционным периодами. Мы предложили деструктивно-эволюционное развитие геологических процессов, с чередованием хаотичных и упорядоченных состояний, с возникновением и эволюцией порядка из хаоса рассматривать в ранге научного принципа.*

Эта схема входила в противоречие с публикациями начала девяностых годов прошлого столетия, когда в геологии было введено представление о нелинейной геодинамике, что практически отрицало существование каких-либо закономерностей. На эти работы научная геологическая общественность отреагировала весьма активно. В различных геологических изданиях появилось множество публикаций с использованием терминов: «хаос», «бифуркация», «флуктуация», «неравновесность», «нерегулярность», «неустойчивость» и пр. Участились научные совещания с освещением материалов по нелинейности в геологии, как о «чуде», способном разрешить все проблемы. Заговорили о возрождении неокатастрофизма. К счастью, этот период длился недолго. В дальнейшем были внесены соответствующие коррективы, сводящиеся к несомненности природных сочетаний геологических процессов, подчиняющихся, с одной стороны, линейным, и с другой – нелинейным законам. В публикации 1999 г. на эту тему Ю.М. Пушаровским [10] поставлено «все на свои места», разъяснена сущность новизны: «Нелинейная геодинамика как ветвь геодинамики охватывает радикальные отклонения от последовательности (линейности) в развитии геодинамических систем» [6, с. 43]. И далее: «Если раньше исходили из того, что все в геологии предопределено и развивается поступательно, то в настоящее время часто приходится сталкиваться с мнением, что вся геология нелинейна. Однако оба этих суждения – крайность» (Там же). К таким выводам мы пришли еще в работе 1990 г. [1].

Заметим, что в геологии проблема «линейности и нелинейности» в ракурсе противопоставления «катастрофизма и эволюционизма» дискутируется уже давно. Она уходит корнями к известному спору начала девятнадцатого века между французскими учеными

Ж. Кювье и Эли де Бомоном, англичанином А. Седжвиком, немецким исследователем А. Гумбольдтом, с одной стороны, и Ж.Б. Ламарком и Ж. Сент-Илером, с другой. Периодически отдавалось предпочтение то одному, то другому направлению, и это отражено в трудах выдающихся ученых, таких как: Ч. Дарвин, Э. Геккель, Т. Гексли, Д. Дэна, Н.С. Шатский и др. (эволюционизм), Г. Штилле и др. (катастрофизм). Последовательным эволюционистом был и А.Л. Яншин. Строго говоря, эволюционизм – это синтетическое учение в естествознании, возникшее на базе униформизма и актуализма. Оно унаследовало и черты катастрофизма, в частности признание перерывов постепенности. В 1998 г. А.Г. Рябухиным и Н.В. Короновским рассматривалась основная суть данной дискуссии и подчеркнут совершенно правильный вывод о непрерывно-прерывистом характере развития геологических процессов разного ранга.

Процесс эволюционной направленности геологических событий на микро- и макроуровнях с позиции единства материального мира П. Эткинс – английский специалист в области физической химии, формулирует так: «второе начало термодинамики заключается в наличии в природе фундаментальной асимметрии, т.е. однонаправленности всех происходящих в ней процессов. При этом любое естественное изменение подсистемы сопровождается возрастанием энтропии для системы в целом и диссипацией (рассеиванием) энергии. В содержание второго начала термодинамики вписывается стремление энергии к рассеянию и утверждению о том, что самопроизвольное появление какой-либо устойчивой структуры из хаоса без привнесения энергии невозможно. Упорядоченность разрушается, превращается в неупорядоченность, когда структура перестает снабжаться потоком энергии извне». И далее: «...по существу все содержание второго начала термодинамики сводится к утверждению, что никогда еще не наблюдалось (и, по-видимому, не будет наблюдаться) спонтанное возникновение какой-либо устойчивой структуры из хаоса [4, с. 198]. Возможно, взаимодействие хаотичных и упорядоченных со-

стояний геовещества, «линейности» и «нелинейности» в геодинамике следует рассматривать как синергетику в геологии.

Думаю, что утверждение эволюционно-деформационного принципа в геологии позволит избежать абсолютизации отдельных геологических категорий, придания им всеобъемлющей значимости при подчиненности всех иных процессов. В геологической природе определяющим является не отдельная структура, тело либо вещество, а энергия, обеспечивающая их появление и развитие, источником которых являются тектонические тангенциальные напряжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Казанцева Т.Т. Тектоника и эволюция. Уфа: БНЦ УрО АН СССР, 1990. 40 с.
2. Пригожин И.Р. От существующего к возникающему. М.: Наука, 1985. 327 с.
3. Пригожин И.Р., Стенгерс И. Порядок из хаоса. М.: Прогресс, 1986. 431 с.
4. Эткинс П. Порядок и беспорядок в природе. М.: Мир, 1987. 324 с.
5. Казанцева Т.Т. Происхождение и развитие геосинклиналей. Уфа: БФАН СССР, 1981. 26 с.
6. Казанцева Т.Т., Казанцев Ю.В. Структурный фактор в теоретической геологии. Уфа: Гилем, 2010. 328 с.
7. Стено Н. О твердом, естественно содержащемся в твердом. М., 1957. 151 с.
8. Казанцева Т.Т. Основы шарьяжно-надвиговой теории формирования земной коры // Геология.

Известия Отделения наук о Земле и природных ресурсов Академии наук Республики Башкортостан. 2000. № 5. С. 15–46.

9. Kazantseva T.T., Kamaletdinov M.A. The geosynclinal development of the Urals. *Tectonophysics*. 1986. T. 127. № 3–4. С. 371–381.

10. Пушаровский Ю.М. Линейность и нелинейность в геологии // *Геотектоника*. 1999. № 3. С. 42–49.

References

1. Kazantseva T.T. *Tectonics and evolution*. Ufa, BNTs UrO AN SSSR, 1990. 40 p.

2. Prigozhine I.R. *From existing to emerging*. Moscow, Nauka, 1985. 327 p.

3. Prigozhine I.R., Stengers I. *Order out of chaos*. Moscow, Progress, 1986. 431 p.

4. Etkins P. *Order and disorder in nature*. Moscow, Mir, 1987. 324 p.

5. Kazantseva T.T. *Origin and development of geosynclines*. Ufa, BFAN SSSR, 1981. 26 p.

6. Kazantseva T.T., Kazantsev Yu.V. *Structural factor in theoretical geology*. Ufa, Gilem, 2010. 328 p.

7. Steno N. *De solido intra solidum naturaliter contento*. Moscow, 1957. 151 p.

8. Kazantseva T.T. *Fundamentals of the nappe-thrust theory of the Earth's crust origin*, *Geologiya. Izvestiya Otdeleniya nauk o Zemle i prirodnikh resursov Akademii nauk Respubliki Bashkortostan*, no. 5, pp. 15–46.

9. Kazantseva T.T., Kamaletdinov M.A. *The geosynclinal development of the Urals. Tektonofizika*, 1986, vol. 127, no. 3–4, pp. 371–381.

10. Pushcharovsky Yu.M. *Linearity and nonlinearity in geology. Geotektonika*. 1999, no. 3, pp. 42–49.

ON GEODYNAMIC PRINCIPLE OF GEO-SUBSTANCE EVOLUTION IN THE NAPPE-THRUST THEORY OF THE EARTH'S CRUST FORMATION

© T.T. Kazantseva

Institute of Geology, Ufa Scientific Centre, RAS,
16/2, ulitsa Karla Marksa, 450077, Ufa, Russian Federation

On the basis of periodization of the most important geological events and their geodynamic characteristics developed by the author, this paper substantiates the evolution principle for geological substance at all levels of its organization. It consists in a regular alternation of evolution and deformation periods replacing each other in response to the corresponding changes in geodynamic environments. The former are characterized by an ordered state of substance, and the latter by its disordered state. This is typical for crust substance in case of oppositely directed tectonic stresses at tension and compression stages as well as tectonic cycles at each of those stages. For example, a tectonic cycle at the compression stage is triggered by tectonic contact of heterogeneous crusts, starts with the evolution period, when the volcanic series is formed with homodromic orientation of volcanism and compositionally similar sedimentation, and terminates with the deformation period formationally represented by flysch and olistostrome units and structurally by overthrust napping of the already formed rocks. At the tension stage, the deformation period with its accumulation of graben units and intense faulting precedes the evolution period, i.e. volcanism of an inherent antidromic pattern.

Key words: principle, evolution, periodization, tension and compression stages, cycles, phases, orientation pattern, faulting, volcanism.

СОЦИАЛЬНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ В СФЕРЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ: КРИТЕРИИ, РИСКИ И УГРОЗЫ

© Ю.В. Мигунова

На основе анализа ряда исследований, характеризующих социальную устойчивость территориальных образований, сформулировано понимание социальной устойчивости в сфере охраны здоровья населения и здравоохранения в целом. С развитием социума усиливается взаимосвязь личности, в том числе и в плане здоровья. Реализация общественных интересов, выполнение социальных функций, постановка и решение задач во многом определяются состоянием здоровья населения. В то же время состояние здоровья граждан тесно связано с тем, насколько здорово общество в целом. Эта взаимосвязь и определяет здоровье как социальный феномен. Следовательно, забота об укреплении здоровья населения является важнейшей задачей государства и общества. Состояние здоровья может рассматриваться как индикатор социальной устойчивости территориальных образований. Именно парадигма устойчивого развития, представляющая собой последовательные позитивные изменения, обуславливающие баланс экономического, социального и экологического аспектов, является базисом для разработки подходов к решению проблем территориальных образований. Кроме того, в работе рассматривается вопрос о критериях социальной устойчивости, предоставляющих количественную и качественную характеристику проблемы состояния здоровья населения и позволяющих проанализировать ситуацию, отметить ее изменение в положительную или отрицательную сторону. Наряду с представленными критериями, характеризующими уровень здоровья граждан определенной территории, в статье предлагаются другие показатели, позволяющие оценить социальную устойчивость исследуемой сферы. Так, например, младенческая смертность, заболеваемость наркологическими расстройствами, обеспеченность населения врачами, раскрывающая степень его включенности в систему здравоохранения, и т.д. являются определенными индикаторами, позволяющими оценить уровень общественного здоровья на определенной территории. Помимо этого, также выявлены риски и угрозы социальной устойчивости в сфере здравоохранения: угроза депопуляции населения России, в том числе в связи с низким качеством жизни; угроза сохранения опасного разрыва в уровне доходов населения, связанная с отсутствием возможностей оплачивать необходимое лечение, являющаяся важным фактором, детерминирующим качество жизни, характер питания, условия труда и отдыха и т.д.; угроза сокращения численности медицинских работников в России (врачи, средний медицинский персонал).

Ключевые слова: социальная устойчивость, система здравоохранения, показатели социальной устойчивости, риски.

Актуальность проблемы социальной устойчивости территориальных образований обоснована необходимостью включения современного российского общества во всеобъемлющий процесс глобализации мира. Следовательно, принимая во внимание общемировые тенденции к появлению социально-устойчивых обществ, в российской экономике возникает необходимость создания условий социальной стабильности и достойного существования граждан.

Именно парадигма устойчивого развития, представляющая собой последовательные позитивные изменения, обуславливающие баланс экономического, социального и экологического аспектов, является базисом для разработки подходов к решению проблем территориальных образований. В настоящее время для политики нашего государства характерен перенос центра тяжести экономических реформ на уровень регионов и усиление их позиций, поэтому тема социальной устойчи-

ности территориальных образований является достаточно актуальной [1].

Устойчивость территориальных образований определяется как динамичное нарастание показателей роста, детерминированное инновационным подходом в сочетании с адаптивными возможностями территории к изменению в связи с воздействием внешних и внутренних факторов. Кроме того, устойчивость территориальных образований связана со стимулированием основных экономических факторов к взаимодействию, направленному на достижение равновесия между экономическим ростом, оптимальным развитием человеческого потенциала и здоровыми экосистемами. В свою очередь, состояние здоровья населения является важнейшей составляющей человеческого потенциала, поскольку характеризует уровень развития определенной страны, ее цивилизованность. Долгая и продолжительная жизнь, укрепление здоровья населения ведут к высоким темпам экономического развития территориальных образований [2, с. 37, 45].

В настоящее время приоритетным направлением государственной политики становятся проблемы создания условий социальной устойчивости территориальных образований. В этом плане состояние здоровья населения является ключевым фактором социальной стабильности. По мнению экспертов ВОЗ (Всемирной организации здравоохранения), улучшение качества и увеличение продолжительности жизни населения ведут к ускорению экономического развития государства, росту валового национального продукта.

С развитием социума усиливается влияние личности, в том числе и в плане здоровья. Реализация общественных интересов, выполнение социальных функций, постановка и решение задач во многом определяются состоянием здоровья населения. В то же время состояние здоровья граждан тесно связано с тем, насколько здорово общество в целом. Эта взаимосвязь и определяет **здоровье как социальный феномен**. Следовательно, забота об укреплении здоровья населения является важнейшей задачей государства и об-

щества. Состояние здоровья может рассматриваться как индикатор социальной устойчивости территориальных образований.

Здоровье населения оказывает огромное влияние на все процессы, происходящие в обществе, на развитие экономики, науки и культуры. Исследователи подчеркивают, что здоровье является одним из экономических ресурсов общества, поскольку в разной степени оказывает влияние на рост производительности труда и развитие экономики, общественной жизни, социальной стабильности в целом. Рост эффективности производства, поиск путей увеличения производительности труда, повышение качества произведенной продукции, уменьшение затрат общественного труда – все это лежит в основе анализа социально-экономического понимания здоровья.

Стремление понять, как развивается социум, породило разнообразные подходы в оценке устойчивого развития. Оно характеризуется набором определенных критериев, представляющих собой инструмент для измерения, визуализации и обсуждения важных проблем развития. Данные критерии дают количественную и качественную характеристику проблемы и позволяют проанализировать ситуацию, отметить ее изменение в положительную или отрицательную сторону.

Исследуя таким образом критерии социальной устойчивости, особое внимание следует обратить на региональный уровень данных показателей, то есть на уровень территориальных образований.

В основе критериев социальной устойчивости территориальных образований выделяют демографические показатели, индикаторы состояния здоровья, качества жизни, а также социальной активности населения.

Проблема показателей социальной устойчивости территориальных образований во многом неоднозначна. Они являются только предварительной схемой, требующей дополнений и изменений. Кроме того, любая классификация критериев с течением времени может изменяться и уточняться. В свою очередь, каждый из обозначенных индикаторов также может разбиваться на более дробные,

иные из них требуют поиска количественного выражения. Наконец, некоторые критерии могут выступать в более приоритетном положении по сравнению с другими.

Для оценки состояния здоровья населения ООН разработала Систему социальных показателей (критериев), характеризующих уровень здоровья граждан определенной территории:

- ожидаемая продолжительность жизни в возрасте 1 года, 20 лет, 40 лет, 60 лет;
- ожидаемая продолжительность жизни в состоянии нездоровья в возрасте 1 года, 20 лет, 40 лет, 60 лет;
- доля лиц, пребывающих в состоянии нездоровья (%);
- физическая доступность медобслуживания (средний срок получения скорой медицинской помощи);
- экономическая доступность медицинского обслуживания – семейные доходы, чистые расходы на страхование рисков здоровья в расчете на одну семью, полная стоимость услуг здравоохранения, получаемых семьей.

В представленных критериях оценки состояния здоровья населения есть определенные недостатки. Так, например, показатель физической доступности медобслуживания фиксирует только срок получения скорой медицинской помощи, но не отражает уровень пропускной способности учреждений здравоохранения, как это учитывает показатель мощности амбулаторно-поликлинических организаций. Более того, критерий экономической доступности медицинского обслуживания, введенный ООН, акцентирует внимание на уровне доходов населения и его платежеспособности в отношении получения медицинских услуг.

На основе проведенного анализа представленных критериев предлагается другая система показателей, оценивающая состояние здоровья населения. Данная система значительным образом дополняет критерии ООН и полнее отражает современное состояние здоровья населения в Российской Федерации. Так, например, ключевым показателем оценки системы здравоохранения территории является **младенческая смертность**, представляющая собой число детей, умерших в возрасте до

1 года, на 1000 родившихся живыми. Показатели младенческой смертности отражают зрелость и эффективность национальной системы здравоохранения [3, с. 103].

Важное место среди показателей, не учтенных в представленной системе критериев ООН, отводится **заболеваемости наркологическими расстройствами**. Исследование в контексте социально-экономического развития территории позволяет адекватно оценить масштабы и последствия данной проблемы. Данный критерий выступает фактором снижения качественных характеристик человеческого потенциала российского общества, более того, представляет собой вид серьезной социальной патологии, проявляющейся в семейной, производственной, трудовой и др. социальных сферах, создающей угрозу социальной устойчивости общества [4].

В Системе социальных показателей ООН, характеризующих уровень здоровья граждан определенной территории, недостаточно представлены критерии, отражающие **обеспеченность населения врачами**, раскрывающие степень включенности населения в систему здравоохранения; **обеспеченность больничными койками**, а также **мощность амбулаторно-поликлинических организаций**, характеризующую пропускную способность лечебных учреждений, выраженную числом посещений в смену.

Представленные показатели не только детерминируют состояние здоровья населения, но и обуславливают уровень социальной устойчивости территориальных образований, качество организации медицинской помощи гражданам.

В целом экономический рост и повышение материальной обеспеченности населения, усовершенствование социальной инфраструктуры и эффективность организации системы здравоохранения сопровождаются снижением показателей смертности и увеличением средней продолжительности предстоящей жизни. Состояние здоровья населения трансформируется во времени и пространстве: чем ниже степень экономического развития территории, ее устойчивость, тем ниже качество здоровья населения.

При решении проблем социальной устойчивости территориальных образований большое значение придается исследованию рисков и угроз, детерминирующих курс и темпы современной модернизации страны. Классификации рисков и угроз социальной устойчивости также многообразны и неоднозначны, как и критерии [5, с. 103].

В России, как и во всем мире, складывается особый тип социума, где риск является неотъемлемым фактором существования индивидов. Иными словами, формируется так называемое общество риска, имеющее общецивилизационный характер, то есть присутствие риска в общественной жизни представляет собой плату за комфорт, потребление, технический прогресс, независимость от природы. Следовательно, современный социум предстает как общество вероятностное, во многом не прогнозируемое, детерминированное высоким уровнем неопределенности.

Для того чтобы диагностировать риски и спрогнозировать угрозы в сфере состояния здоровья населения, необходимо обратиться к классической теории устойчивости, в рамках которой эта категория понимается как отсутствие резких, необратимых глобальных социальных изменений в результате небольших общественно-политических нововведений. Эти изменения являются источником постоянных отклонений параметров жизнедеятельности людей от предельно допустимых значений, тем самым дезорганизуя социум, способствуя возникновению диссонанса в относительно стабильной ситуации.

Таким образом, устойчивость развития территориальных образований трактуется как жизнеспособность системы в целом. Это значит, что территория, обладающая устойчивостью, способна к выживанию и развитию в определенном окружении. Устойчивость территориальных образований детерминирует сохранение и развитие определенных показателей качества жизни населения в пределах порога безопасности или сверх него при изменениях внешних и внутренних воздействий (природно-климатических, техногенных, социально-экономических), влекущих падение качества жизни [6].

Необходимо отметить, что цели и задачи, поставленные обществом перед здравоохранением в определенный исторический период, характеризуются, с одной стороны, общемировым уровнем развития медицины как науки, ее техническими достижениями, предоставляющими инструментарий для повседневной деятельности конкретных медицинских учреждений, с другой стороны, уровнем социально-экономического развития данного государства, а также тем, какое внимание представители власти уделяют вопросам охраны общественного здоровья [2, с. 243].

Соответственно, по мере развития общества, повышения общего уровня образования и благосостояния, население предъявляет все больше требований к системам здравоохранения в интересах самих себя, своих семей, а также социума, в котором живет.

Однако предъявляемые требования россиян к качеству и доступности медицинской помощи на практике зачастую не удовлетворяются. Это связано с неэффективностью механизмов управления здравоохранением, а самое главное – с его финансированием. Повсеместно система медицинской помощи в лечебно-профилактических учреждениях страны не отвечает самым элементарным требованиям. Кроме того, все более обостряется неравенство населения в возможностях получения качественных медицинских услуг.

Таким образом, в современных условиях глубокого кризиса здоровья, роста уровня заболеваемости и высокой смертности населения Российской Федерации, ограничения доступности и качества медицинской помощи, повсеместной коммерциализации медицинских учреждений реализация принципа социальной ориентированности в здравоохранении видится весьма условной.

В России, где ежегодно уходит из жизни около полумиллиона человек только по причине того, что им не была своевременно оказана медицинская помощь, не может и не должно быть поводов для ослабления внимания к проблемам здравоохранения. Во всем цивилизованном мире пришли к пониманию того, что от уровня человеческого капитала в

решающей мере зависит и экономический успех страны [2, с. 244].

В связи с этим важной угрозой социальной устойчивости в сфере охраны здоровья населения является депопуляция населения России, в том числе в связи с низким качеством жизни. По данным официальной статистики, на 1 января 2014 г. население Российской Федерации составляло 143.3 млн человек, это на 2.5 млн меньше, чем в 2001 г. Такая ситуация связана со сверхсмертностью (только за январь–март 2014 г. коэффициент смертности составил 13.4 умершего на 1000 чел. населения) и очень низкой рождаемостью, не обеспечивающей даже простого воспроизводства населения [7].

При осуществлении реформ на уровне территориальных образований необходимо понимать, что социально-экономическое развитие территории не может сводиться только к ее хозяйственному развитию, следовательно, регион не может считаться устойчиво развивающимся только по признаку повышения экономических показателей. Устойчивое развитие должно быть направлено на достижение высокого качества жизни населения при благоприятной динамике комплекса экономических показателей данной территории.

Таким образом, социальная устойчивость территориальных образований прежде всего характеризуется повышением качества жизни населения, проявляющегося в увеличении доходов граждан и, соответственно, снижении уровня бедности, в высоком уровне и доступности образования, здравоохранения, возможности полноценного питания и т.д. [8].

Соответственно, проблемы состояния здоровья населения не могут решаться иначе, чем в рамках вопросов общего социально-экономического развития территориальных образований.

В этом плане особую тревогу вызывает **усиливающаяся поляризация населения на уровне доступности и качества медицинской помощи** в разрезе социальных групп внутри страны и в сравнении между регионами. Таким образом, сохраняется угроза опасного разрыва в уровне доходов населения [9].

По статистическим данным, за чертой бедности живут 13% россиян – 18 млн чел., однако считают себя бедными больше 40%. Кроме того, по официальным данным, неравенство в России выше, чем в США на 11% и выше, чем в Германии в 1.4 раза. Колоссальное неравенство и низкий уровень жизни большинства населения приводят к тому, что удельный вес среднего класса, определяемого по обеспеченности доходами и жильем, составляет в настоящее время в нашей стране, по самым оптимистичным оценкам, не более 20% – это люди, получающие более 100 тыс. руб. в месяц. Иначе говоря, только каждый пятый в России не стеснен в средствах и имеет нормальные условия проживания [10].

Низкий уровень доходов населения негативно влияет на общественное здоровье, обуславливает отсутствие возможностей оплачивать необходимое лечение, является важным фактором, детерминирующим качество жизни, характер питания, условия труда и отдыха и т.д.

Между тем, роль доступности медицинской помощи населению особенно возрастает в условиях социальной нестабильности, кризисных явлений. Таким образом, само понятие доступности медицинской помощи гражданам можно трактовать с разных позиций. С одной стороны, речь идет о материальном обеспечении населения, уровне его платежеспособности, и именно этим в данном случае измеряется доступность. С другой стороны, она связана с территориальной возможностью получения медицинской помощи, с территориальным расположением лечебно-профилактических учреждений и других организаций системы здравоохранения. В этом смысле **недоступность медицинской помощи населению** в плане материального обеспечения, а также территориального расположения необходимых учреждений создает угрозу социальной устойчивости общества/региона. Это социальные риски для населения, когда в случае проблем со здоровьем человек может остаться без необходимой медицинской помощи в связи с отсутствием средств либо соответствующих учреждений на определенной территории.

Территориальное неравенство в возможности получения медицинской помощи также относится к рискам социальной устойчивости общества. Это связано с неоднородностью обеспечения регионов объектами социальной инфраструктуры, хотя данный факт не может рассматриваться как реальное препятствие эффективного обеспечения людей, живущих в отдаленных районах, медицинской помощью.

Качество последней во многом определяется **кадровыми ресурсами** системы здравоохранения. Исследуя динамику количественного состава врачей за последние 5 лет, необходимо отметить негативную тенденцию сокращения общей численности специалистов, занятых в этой профессии. При этом максимальное количество врачей было зафиксировано в 2011 г. (732,8 тыс. чел.), а минимальное – в 2014 г. (587,5 тыс. чел.). Сравнивая численность врачей за 2013–2014 гг. обнаруживается, что в 2014 г. их число сократилось на 16%.

Если исследовать численность среднего медицинского персонала, то обнаруживается, что в 2011 г. также фиксировалось максимальное значение численности профессионалов данной сферы – 1530,4 тыс. чел. Тем не менее с 2012 г. началось постепенное снижение показателя с 1520,3 тыс. чел. до 1295,7 тыс. чел. Сопоставив данные 2013–2014 гг., отмечается уменьшение численности среднего медицинского персонала более чем на 14% [7, 11].

Недостаток врачей как высококвалифицированных специалистов наиболее ощутим при сравнении численности последних и среднего медицинского персонала за 2014 г., то есть количество врачей на 708,2 тыс. чел. меньше, чем медицинских работников среднего звена.

Итак, сокращение численности медицинских работников в России (врачи, средний медицинский персонал) также рассматривается как угроза в сфере здравоохранения.

Таким образом, в основе социальной устойчивости общества (территориальных образований) лежит представление о том, что общественная жизнь должна строиться на признании приоритета человека, его права на здоровую, социально благополучную жизнь в гармонии с социумом и окружающей средой. По-

этому ключевым свойством социальной устойчивости является защищенность жизненно важных интересов личности, общества, государства, ценностей и образа жизни от совокупности разнообразных рисков и угроз.

Данное исследование выполнено в рамках госзадания ИСЭИ УНЦ РАН по теме № 0253-2014-0001 «Стратегическое управление ключевыми потенциалами развития разноразмерных социально-экономических систем с позиций обеспечения национальной безопасности (№ гос. регистрации 01201456661)».

ЛИТЕРАТУРА

1. Назаретян А.П. Векторы исторической революции // Общественные науки и современность. 1999. № 2. С. 17–21.
2. Шабунова А.А. Здоровье населения в России: состояние и динамика. Вологда: ИСЭРТ РАН, 2010. 408 с.
3. Мигунова Ю.В. Понятие здоровья. Показатели оценки состояния здоровья населения // Известия Уфимского научного центра РАН. 2015. № 1. С. 99–105.
4. Гаврикова А.В., Ишмуратова Д.Ф., Мигунова Ю.В. Некоторые аспекты девиантной активности в контексте социально-экономического развития территории // Фундаментальные исследования. 2015. № 12 (часть 5). С. 996–1000.
5. Гайфуллин А.Ю. Критерии и оценка социальной устойчивости территориальных образований // Проблемы функционирования и развития территориальных социально-экономических систем: Мат-лы IX Всероссийской научно-практической интернет-конференции. Уфа, 2015. С. 273–275.
6. Глазьев С.Ю., Локосов В.В. Оценка предельно критических значений показателей состояния российского общества и их использование в управлении социально-экономическим развитием // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2012. № 4 (22). С. 22–41.
7. Федеральная служба государственной статистики. URL: <http://www.gks.ru>
8. Садыков Р.М. Уровень и качество жизни населения как фактор обеспечения социальной безопасности территориальных образований // Фундаментальные исследования. 2014. № 11. С. 201–205.
9. Каримов А.Г., Мигунова Ю.В. Бедность российского населения как причина, детерминирующая детскую безнадзорность // Вестник Оренбургского государственного университета. 2008. № 1 (80). С. 28–33.

10. Домчева Е. В России растет экономическое неравенство: Более 40 процентов россиян считают, что живут за чертой бедности // Российская газета. 2012. 17 декабря. URL: www.rg.ru/2012/12/17/bednost-site.html (дата обращения: 07.06.2016).

11. Доклад о состоянии здоровья населения и организации здравоохранения по итогам деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации за 2014 г. URL: <https://www.rosminzdrav.ru/ministry/programms/doklad-o-sostoyanii-zdorovya-naseleniya-i-organizatsii-zdravooxraneniya-po-itogam-deyatelnosti-organov-ispolnitelnoy-vlasti-sub-ektov-rossiyskoy-federatsii-za-2014-god> (дата обращения: 07.06.2016).

References

1. Nazaretyan A.P. Vectors of historical revolution. *Obshchestvennye nauki i sovremennost*, 1999, no. 2, pp. 17–21.

2. Shabunova A.A. Population health in Russia: Current state and dynamics. Monograph. Vologda, ISERT RAN, 2010. 408 p.

3. Migunova Yu.V. Health concept. Indicators of public health assessment. *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2015, no. 1, pp. 99–105.

4. Gavrikova A.V., Ishmuratova D.F., Migunova Yu.V. Some aspects of deviant behaviour in the context of regional socio-economic development. *Fundamentalnye issledovaniya*, 2015, no. 12 (pt. 5), pp. 996–1000.

5. Gayfullin A.Yu. Criteria and assessment of social sustainability within territorial entities. *Problemy funkcionirovaniya i razvitiya territorialnykh sotsialno-ekonomicheskikh sistem: Materialy IX Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii*. Ufa, 2015, pp. 273–275.

6. Glazyev S.Yu., Lokosov V.V. Assessment of threshold values indicative of the current state of the Russian society and their application in managing socio-economic development. *Ekonomicheskie i sotsialnye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz*, 2012, no. 4 (22), pp. 22–41.

7. Federal State Statistics Service. Available at: <http://www.gks.ru>

8. Sadykov R.M. Population living standards and quality of life as a factor of social safety maintenance within territorial entities. *Fundamentalnye issledovaniya*, 2014, no. 11, pp. 201–205.

9. Karimov A.G., Migunova Yu.V. Poverty of the Russian population as a cause determining child abandonment. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2008, no. 1 (80), pp. 28–33.

10. Domcheva E. Economic inequality growing in Russia: More than 40 percent of Russians think they are living below the poverty line. *Rossiyskaya gazeta*, 2012, December 17. Available at: www.rg.ru/2012/12/17/bednost-site.html

11. Report on population health status and health care organization based on the results of the activities of executive authorities in the federal subjects of Russia for 2014. Available at: rosminzdrav.ru/system/attachments/attaches/000/026/627/original

SOCIAL SUSTAINABILITY IN THE HEALTH CARE SYSTEM: CRITERIA, RISKS AND THREATS

© Yu.V. Migunova

Institute for Social and Economic Studies, Ufa Scientific Centre, RAS,
71, prospekt Oktyabrya, 450054, Ufa, Russian Federation

This article analyzes a number of studies characterizing social sustainability within territorial entities and formulates an understanding of social sustainability in the sphere of population health protection and health care in general. With the development of socium the interrelation system of an individual becomes more intense, including health status. The implementation of public interests, fulfillment of social functions, formulation and solution of tasks determine the population health in many respects. At the same time, the citizens' health status is closely associated with the society's health as a whole. This interrelation determines health as a social phenomenon. Therefore, care for population health strengthening is of the greatest importance both for our state and society. Health status can be considered as an indicator of social sustainability within territorial entities. It is precisely the paradigm of sustainable development forming sequential positive changes to contribute to the balance of economic, social and environmental aspects that forms the basis for the development of approaches to the solution of the problems of territorial entities. In addition, the paper discusses the issue on the social sustainability criteria that provide quantitative and qualitative characteristics of the population health problem and make it possible to analyze the situation and to reveal its either positive or negative alterations. Together with the criteria characterizing the citizens' health level within a certain territorial entity, the article offers some other indicators to estimate the social sustainability of the system in question. For example, infant mortality, drug addiction disorders, availability of physicians showing the degree of people's involvement into the health care system, etc., are indicative of the public health level within one or another territorial entity. Also, this article identifies risks and threats to social sustainability in the health care system. This includes Russia's depopulation partially due to low quality of life, preservation of the dangerous gap between rich and poor associated with the impossibility to pay for the necessary medical treatment and determining the quality of life, diet, work conditions, recreation, etc., and decrease in the number of trained physicians and nurses in Russia.

Key words: social sustainability, health care system, indicators of social sustainability, risks.

УДК 378

СПОСОБЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОИСКА И АНАЛИЗА ПАТЕНТНОЙ ИНФОРМАЦИИ КАК ОСНОВА СОЗДАНИЯ КОНКУРЕНТНЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

© Н.Т. Сулейманов, А.Н. Сулейманов, В.И. Мухаметшин

Рост патентно-информационных массивов обуславливает необходимость совершенствования систем автоматизированного поиска и анализа патентной информации с широким применением систем составления «патентных ландшафтов» (STN AnaVist, Omniviz, Augre и др.) для визуализации результатов поиска.

Представлены новые методы и средства поиска и анализа патентной информации при разработке стратегии, обеспечивающей конкурентное преимущество компаний. Раскрыты возможности поисковых систем ESPACENET Европейского ведомства, PATENTSCOPE – созданная ВОИС бесплатная поисковая служба, поисковая система CLIR, а также Роспатент и ИПС Мимоза. Предложены пути практической реализации на примере «Отчета по патентному ландшафту в отношении вакцин против определенных инфекционных заболеваний» и Института машиноведения Российской Академии наук (ИМАШ РАН).

Для решения проблемы патентно-информационного поиска и активизации разработчиков по созданию и эффективному использованию результатов интеллектуальной деятельности Федеральная служба по интеллектуальной собственности (Роспатент) и Всемирная организация интеллектуальной собственности (ВОИС) подписали меморандум о взаимопонимании по созданию Центров поддержки технологий и инноваций (TISC-ЦПТИ) в Российской Федерации.

ВОИС по запросу TISC-ЦПТИ предоставляет любые информационные материалы по правам интеллектуальной собственности и патентной информации, имеющейся в распоряжении ВОИС.

Приводятся конкретные инструменты поиска и построения патентного ландшафта, базы данных, возникающие проблемы и методы их устранения.

В настоящее время за рубежом, особенно в США, функционируют специализированные компании, которые предоставляют услуги в областях аналитической обработки патентных данных. Для России это направление является достаточно новым, но нами были выполнены работы по построению и анализу патентных ландшафтов для Института машиноведения им. А.А. Благонравова Российской Академии наук (ИМАШ РАН) по реализации современных инновационных технологий по Федеральной целевой программе «Национальная технологическая база».

Результаты реализованных научно-технических разработок инновационных технологий с использованием современных методов патентно-информационного поиска и анализа патентной информации ИМАШ РАН защищены патентами на изобретения.

Ключевые слова: интеллектуальная собственность, патентная информация, патентное картирование, патентный ландшафт, патентная статистика.

Введение. Интеллектуальная собственность стимулирует инвестиционную привлекательность регионов и является комфортной бизнес-средой для привлечения инвестиций. В этой связи патентная информация широко применяется при разработке стра-

тегий, обеспечивающих конкурентное преимущество компаний. Однако рост патентно-информационных массивов обуславливает необходимость совершенствования систем автоматизированного поиска и анализа патентной информации с широким применением систем

СУЛЕЙМАНОВ Наиль Тимерзянович – д.т.н., Академия ВЭГУ, e-mail: iiss@bk.ru

СУЛЕЙМАНОВ Артур Наильевич, ООО «Институт интеллектуальной собственности и сертификации», e-mail: iiss@bk.ru

МУХАМЕТШИН Венер Инзиревич, ООО «Институт интеллектуальной собственности и сертификации», e-mail: iiss@bk.ru

составления «патентных ландшафтов» (STN AnaVist, Omniviz, Aurek и др.) для визуализации результатов поиска. Подобная система обеспечивает зрительное отображение «сходства» документов, представленных в поисковом массиве патентной информации, в виде патентной карты по классам международной патентной классификации (МПК), подразделяющей все отрасли техники на разделы, классы, подклассы и группы, что обеспечивает возможность оценки новизны заявляемых изобретений и определения известного уровня техники. Тем самым МПК используется для выявления конкурирующих патентов и нахождения технической информации как основа конкурентной разведки компании, с целью повышения эффективности процессов создания, правовой охраны и коммерциализации интеллектуальной собственности [1].

1. Патентно-информационные поисковые системы.

Основными проблемами патентного поиска являются:

- большое количество патентных документов;
- трудность поиска и оценка релевантности документов:
- различные классификационные схемы (МПК, ECLA, USPC, FI, F-terms);
- языки публикаций (китайский, японский, корейский).

Для решения проблемы патентно-информационного поиска и активизации разработчиков по созданию и эффективному использованию результатов интеллектуальной деятельности Федеральная служба по интеллек-

туальной собственности (Роспатент) и Всемирная организация интеллектуальной собственности (ВОИС) подписали меморандум о взаимопонимании по созданию Центров поддержки технологий и инноваций (TISC – ЦПТИ) в Российской Федерации [2].

Целью меморандума является определить роль и обязанности Роспатента и ВОИС в отношении предоставления TISC-ЦПТИ услуг, а также их соответствующие вклады в предоставлении этих услуг.

ВОИС по запросу TISC-ЦПТИ предоставляет любые информационные материалы по правам интеллектуальной собственности и патентной информации, имеющейся в распоряжении ВОИС.

Информационные материалы предоставляются на базе модульного подхода в соответствии с потребностями разработчиков новых технологий, к которым относятся:

- доступ к патентным и непатентным базам данных ФИПС, ВОИС;
- оказание помощи в поиске технической информации при проведении патентных исследований;
- обучение по проведению поиска в базах данных:

1. Поисковая система ESPACENET Европейского патентного ведомства: бесплатно предоставляется любому пользователю, содержит свыше 75 млн патентных документов более чем из 90 стран мира.

Основу патентных документов составляют документы стран ЕПВ, ВОИС, США, Германии, Великобритании, Франции и Швейцарии, Японии, России, Китая и других стран.

Т а б л и ц а 1

Патентные документы стран, включенные в БД ESPACENET

Наименование стран	БД ESPACENET
ЕПВ, Франция, Германия, Швейцария, Англия, США и ВОИС	Библиографические данные, реферат и полный текст в машиночитаемом формате.
Китай и Япония	Библиографические данные и реферат (ограниченно).
Австрия, Канада	Библиографические данные и реферат, полный текст.
ГДР, Евразия, СССР, Россия, Австралия	Библиографические данные и реферат, оригинал документов, полный текст (ограниченно).

Варианта поиска в ESPASENET

Варианты поиска	Содержание поиска	Комментарии
Быстрый поиск	Поиск по: – ключевым словам; – имени изобретателя; – названию фирмы.	Если вы не укажете другое, поиск будет автоматически проводится по всемирной базе данных. Для поиска по техническим параметрам выберите поиск по ключевым словам, а чтобы найти имя или название – поиск по частным лицам или организациям.
Расширенный поиск	Поиск с использованием любого из доступных полей.	Используя расширенный поиск, вы можете комбинировать различные поисковые условия. Например, вы можете провести поиск патентных документов за определенный год, из определенной страны, и содержащих определенные слова в названии или реферате.
Нумерационный поиск	Поиск по номеру публикации, заявки, приоритетного документа.	Быстрый способ найти патентный документ, если вы знаете номер публикации, заявки или приоритетного документа, заключается в использовании функции «нумерационный поиск».
Классификация ECLA	Просмотр Системы патентной классификации Европейского патентного ведомства и поиск по ней.	1. Если вы хотите найти все патентные публикации в определенной технической области, следует использовать функцию «классификация ECLA». 2. Поиск по классификации – инструмент профессионалов для проведения поиска. 3. Можно ввести ключевые слова или индексы классификации.

Стартовая страница поисковой системы ESPACENET находится по адресу <http://worldwide.espacenet.com> (ссылка «Access espacenet»).

Патентные документы стран, включенные в БД ESPACENET, приведены в табл. 1.

Возможности поисковой системы ESPACENET:

– максимум 10 поисковых полей (в Advanced search);

– в одно поисковое поле может быть введено не более 10 терминов;

– в расширенном виде поиска (Advanced search) для составления запроса на все поисковые поля может быть использовано не более 20 поисковых терминов с 19 логическими операторами;

– между собой поисковые поля соединяются только оператором AND;

– ключевые слова для поиска в реферате должны быть только на английском языке.

Поисковая система ESPASENET предлагает четыре варианта поиска (табл. 2).

2. Поисковая система PATENTSCOPE – это созданная ВОИС бесплатная поисковая

служба, позволяющая получать доступ к миллионам патентных документов, а именно:

– международным патентным заявкам по процедуре PCT;

– региональным и национальным патентным фондам из 23 стран-участниц.

Самую актуальную информацию об охвате данных можно получить на сайте www.wipo.int/patentscope/search/ru/help/data/coverage.jsf.

В базе данных PATENTSCOPE возможны три вида поиска: Простой (simple); Поиск по комбинации полей; Расширенный поиск (Advanced search).

3. Поисковая система CLIR.

CLIR (межъязыковая информационно-поисковая система) – это бесплатное расширение поисковой системы PATENTSCOPE, которое в значительной мере упрощает патентный поиск на различных языках. Простым введением слова или фразы на одном языке можно получить соответствующую патентную документацию на следующих языках: английский; французский; испанский; немецкий; японский; португальский; русский; ко-

рейский; китайский; итальянский; шведский; голландский.

В будущем будут добавлены другие языки.

4. Поисковая система Роспатента.

1) Массив отечественной информации с использованием вебсайта ФИПС www.fips.ru и поисковых средств вебсайта. Доступ может быть представлен с возможностью поиска без ограничений по следующим объектам ИС:

- авторские свидетельства СССР, патенты на изобретения и заявки на выдачу патента на изобретение Российской Федерации;
- патенты на полезные модели и заявки на выдачу полезных моделей Российской Федерации;
- патенты на промышленный образец и заявки на выдачу патента на промышленный образец Российской Федерации.

2) Массив отечественной патентной информации по изобретениям и полезным моделям с 1994 г. по настоящее время с использованием ИПС МИМОЗА.

2. Составление патентной карты (картирование) предполагает осуществление следующих действий [4]:

- определение содержания подлежащих анализу данных;
- выбор баз данных;
- формулировку запроса с использованием индексов МПК;
- визуализация результатов анализа посредством построения патентной карты.

Исходные данные патентной информации можно получить из следующих источников:

- Eurostat – статистические данные Евросоюза на сайте Eurostat Website (используя заголовки Science and Technology, а затем Patents);
- Trilateral co-operation (трехстороннее сотрудничество) – статистика ЕПВ и патентных ведомств США и Японии с 1996 г., в ежегодном трехстороннем статистическом отчете на сайте Trilateral web site;
- ВОИС – патентная статистика и статистика международных патентных заявок по процедуре РСТ на сайте ВОИС.

При анализе патентной статистики и патентном картировании можно использовать подписные базы данных ЕПВ. ESPACE Bullitin

располагает 70 поисковыми полями для получения библиографических и процедурных данных о европейских патентах, использует программу MIMOSA. ESPACEACCESS – содержит всю библиографическую информацию о европейских патентных заявках и заявках РСТ, включая поисковые массивы рефератов заявок РСТ на английском и французском языках.

EPO PATSTAT – глобальная база данных патентной статистики, предназначенная для проведения углубленных статистических исследований в НИИ, университетах и правительственных организациях. Используя базу данных патентной статистики ЕПВ PATSTAT, можно отслеживать и анализировать изменения в глобальных патентных портфелях интересующих пользователя отраслей, а также географическое происхождение охраняемых патентами изобретений. Сайт содержит страницу ранжирования, позволяющую определять лидеров в патентовании изобретений в конкретных отраслях, технических областях и географических регионах. Тем самым руководители НИОКР могут визуализировать деятельность как своих разработчиков, так и их конкурентов, региональные руководители – отслеживать изобретательскую активность в своих регионах (www.epo.org/gpi). Для эффективного управления интеллектуальной собственностью одноразового патентного картирования недостаточно. Требуется отслеживать состояние соответствующей технологии на протяжении всего ее жизненного цикла [5]:

- на первой (начальной) стадии из множества вариантов выбирается доминирующая технология, отвечающая рыночным потребностям;
- на второй стадии происходит интенсивное развитие доминирующей технологии, сопровождающееся расширением рынка сбыта;
- третья стадия – пора зрелости технологии, когда доходы от производства продукции достигают своего максимума;
- на четвертой стадии темпы роста производства и сбыта продукции снижаются;
- на пятой стадии в самой технологии появляются новые возможности ее применения и проникновения в новые географические

регионы, тем самым происходит затухание технологии, ее начинают вытеснять новые технологии, выполняющие те же функции.

3. Пример структуры «Отчета по патентному ландшафту в отношении вакцин против определенных инфекционных заболеваний» Всемирной организации интеллектуальной собственности (ВОИС).

Проект ВОИС по отчетам патентных ландшафтов реализуется на основании Повестки дня проекта ВОИС ДА – 19-30-31 – 01 «Инструмент развития для доступа к патентной информации». Данный патентный ландшафт касается активных компонентов вакцин, разработанных для профилактики инфекционных заболеваний, который рассматривает три группы вакцин: человеческие пневмококковые конъюгированные вакцины, человеческие конъюгированные тифозные вакцины и человеческие вакцины для профилактики гриппа [6].

Комплексный анализ позволил выявить более 1180 семейств патентов-аналогов, заявки на которые были поданы в период с 1921 по 2011 год. Первое место по количеству заявок занимает США, в борьбу за лидерство в последние десять лет вступил Китай. Национальные ведомства Японии, России и Европейские региональные и национальные ведомства являются также активными участниками подачи заявок. Заявки в Китае подаются в основном Китайской академией наук и университетами.

Глобальный патентный ландшафт, касающийся активных компонентов вакцин для профилактики инфекционных заболеваний, имеет широкий круг патентов-аналогов.

Целью отчета по патентному ландшафту в области вакцин является определение активности патентования и инновации в области проведения исследований и производства вакцин для оказания содействия в привлечении ресурсов для технологии получения вакцин.

Первая часть отчета освещает общие вопросы по разработке вакцин для профилактики инфекционных заболеваний, встречающихся у человека и животных. **Вторая часть**

дополняет ее информацией в области патентования трех выбранных вакцин по профилактике инфекционных заболеваний человека.

Методология поиска разработана для нахождения патентов и заявок на патенты, содержащих в формуле изобретения активные компоненты вакцин против инфекционных заболеваний человека и животных. Приводятся конкретные инструменты поиска и построения патентного ландшафта, базы данных и возникающие проблемы и методы устранения. Для составления списка ключевых слов поиска посредством изучения литературы по вакцинам против инфекционных заболеваний использованы статьи общего характера о вакцинах против инфекционных заболеваний, найденные в сети Интернет (<http://en.wikipedia.org/wiki/vaccin>), чтобы помочь определить релевантность одного семейства патентов-аналогов к другим. По результатам предварительных исследований был составлен список ключевых слов.

Ключевые слова, потенциально относящиеся к релевантным патентам и заявкам на патенты: вакцина, активный компонент, предотвращение заболевания и активация иммунной системы, инфекционные заболевания и другие (больной, носитель, пациент, мужчина, человек, женщина, животное).

Ключевые слова, потенциально относящиеся к нерелевантным патентам и заявкам на патенты: технология, относящаяся к вакцинам, не к активным компонентам, неинфекционные заболевания, производство вакцин, лечение и исследование, отпуск и лекарственная форма.

Результаты патентного поиска по активным ингредиентам в вакцинах против инфекционных заболеваний приведены в табл. 3.

В отчете приведены распределение заявок по кодам МПК (<http://www.wipo.int/ipscpubl>), анализ заявителей. В графической форме приводится детальная информация о динамике количества подач первых заявок пользователей, начиная с 1950 г., сфокусированных на 75 семействах патентов-аналогов стран подачи заявок в странах: Бразилия, Индия, Китай.

Таблица 3

Общее количество семейств патентов-аналогов, заявляющих активные ингредиенты вакцин	11818
Всего различных патентов и заявок на патенты	51476
Средний размер семейств INPADOC	4.4 патента или заявок
Заявки по процедуре РСТ	54.6%
Выданные патенты	50.3%

Таблица 4

Общее количество семейств патентов-аналогов с заявленными активными веществами человеческих пневмококковых конъюгированных вакцин	165
Общее количество различных патентов и патентных заявок	951
Средний размер семьи INPADOC	5.7 патентов или заявок/семейств
Выданные патенты	43%
Заявки на РСТ	68%

Таблица 5

PCT	WORLD	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	Total
AMERICA	UNITED STATES			2			2				1	1	2	9	4	4	1	4	2	7	5	3	2	1	6	2	2	6	3	2	11	1	83	
	CANADA																										1						1	
EUROPE	EUROPE																	1						1									5	
	UNITED KINGDOM																				1	15	3	1	1	4	11	3	6			2	47	
	FRANCE	1	1										1							1			1	1		1							7	
	DENMARK																											1		1	1			3
	ITALY						1						2																					3
	GERMANY									1										1														2
	SWEDEN																		2															2
ASIA	CHINA																										1	1	1			1	2	6
	KOREA																				1											1		2
	JAPAN																					1												1
AUSTRALIA	AUSTRALIA										1																							1
	Total	1	1	2	0	0	2	1	0	1	2	3	2	10	4	4	1	4	5	10	7	19	6	2	3	9	8	16	10	10	4	13	5	165

Общая статистика патентных заявок и внедренных патентов на активные ингредиенты человеческих пневмококковых конъюгированных вакцин представлена в табл. 4.

Патентный поиск привел к 165 семействам INPADOC патентов и патентных заявок, не опубликованных до октября 2011 г., эти 165 семейств патентов-аналогов содержат 951 патент или опубликованные заявки. Среди 165 семейств 71 включает один или несколько внедренных патентов.

Динамика поданных заявок в ведомство первой подачи представлена в табл. 5.

Количество семейств патентов-аналогов, сгруппированных по соответствующим кодам

МПК, подаваемых за год первой подачи, представлена на рис. 1.

Общая статистика по количеству заявок и выданных патентов на активные ингредиенты конъюгированных вакцин против брюшного тифа приведены в табл. 6.

Патентный поиск привел к 36 семействам патентов-аналогов и патентным заявкам, опубликованным до октября 2011 г. Эти 36 семейств патентов-аналогов включают 158 патентов или опубликованных заявок. Среди этих 36 семейств патентов-аналогов 11 включают один или несколько выданных патентов. В эти патентные семейства не входит ни одно «Комплексное патентное семейство».

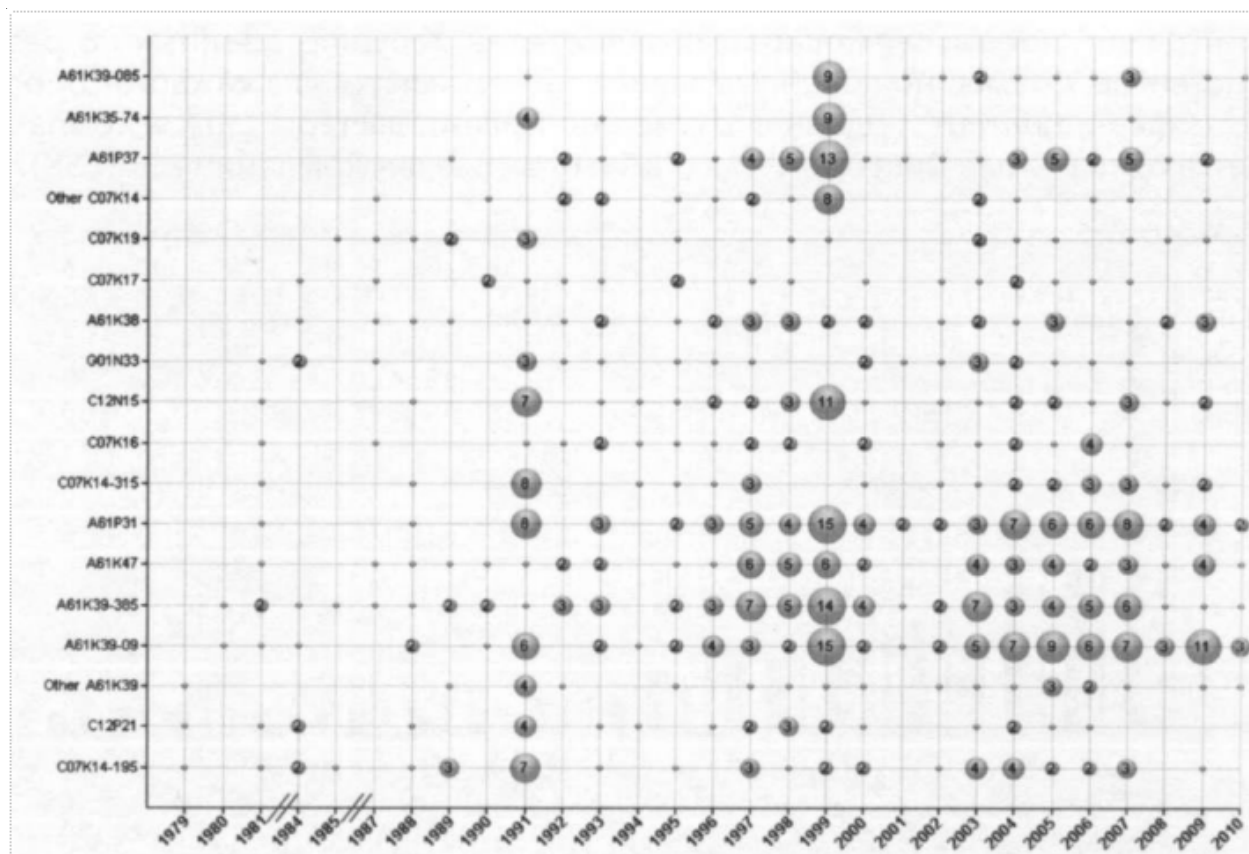


Рис. 1

Таблица 6

Общее количество семейств патентов-аналогов, в формулу которых входят активные компоненты конъюгированных вакцин против брюшного тифа	36
Общее количество различных патентов и патентных заявок	158
Средний размер семейств INPADOC	4.4 патентов или заявок на патенты/семейств во
Выданные патенты	30.5%
Заявки на РСТ	66.7%

Сравнение места подачи заявки и места происхождения изобретателя приведено в табл. 7.

Количество семейств патентов-аналогов, сгруппированных по соответствующим кодам МПК, подаваемых за год первой подачи, представлена на рис. 2.

Общая статистика патентных заявок и выданных патентов на активные ингредиенты человеческих вакцин для профилактики гриппа приведена в табл. 8.

Патентный поиск привел к 516 семействам патентов-аналогов и патентным заявкам, опубликованным до ноября 2011 г. Эти

516 семейств патентов-аналогов содержат 2226 патентов или опубликованных заявок. Среди этих 516 семейств патентов-аналогов 198 включают один или несколько выданных патентов. Для получения дополнительной информации о том, как строятся семейства патентов-аналогов, необходимо перейти на сайт ВОИС (<http://www.wipo.int/standards/en/pdf/08-01-01.pdf>).

4. Практический пример реализации современных методов анализа патентной информации.

В настоящее время за рубежом, особенно в США, функционируют специализированные

Т а б л и ц а 7

		Количество заявок в каждом патентном ведомстве	Количество заявок в зависимости от места проживания изобретателя according to inventors place of residence
РСТ	Во всем мире	3	–
Америка	США	15	14
	Куба	1	1
	Канада	–	2
	Бразилия	–	1
Европа	Европа	7	–
	Великобритания	1	3
	Франция	–	2
	Италия	–	3
	Германия	–	1
	Бельгия	–	5
	Нидерланды	–	1
	Словакия	–	1
Азия	Индия	5	6
	Китай	1	1
	Корея	1	1
Африка	Гана	–	1
Австралия	Австралия	–	1
Всего		36	45

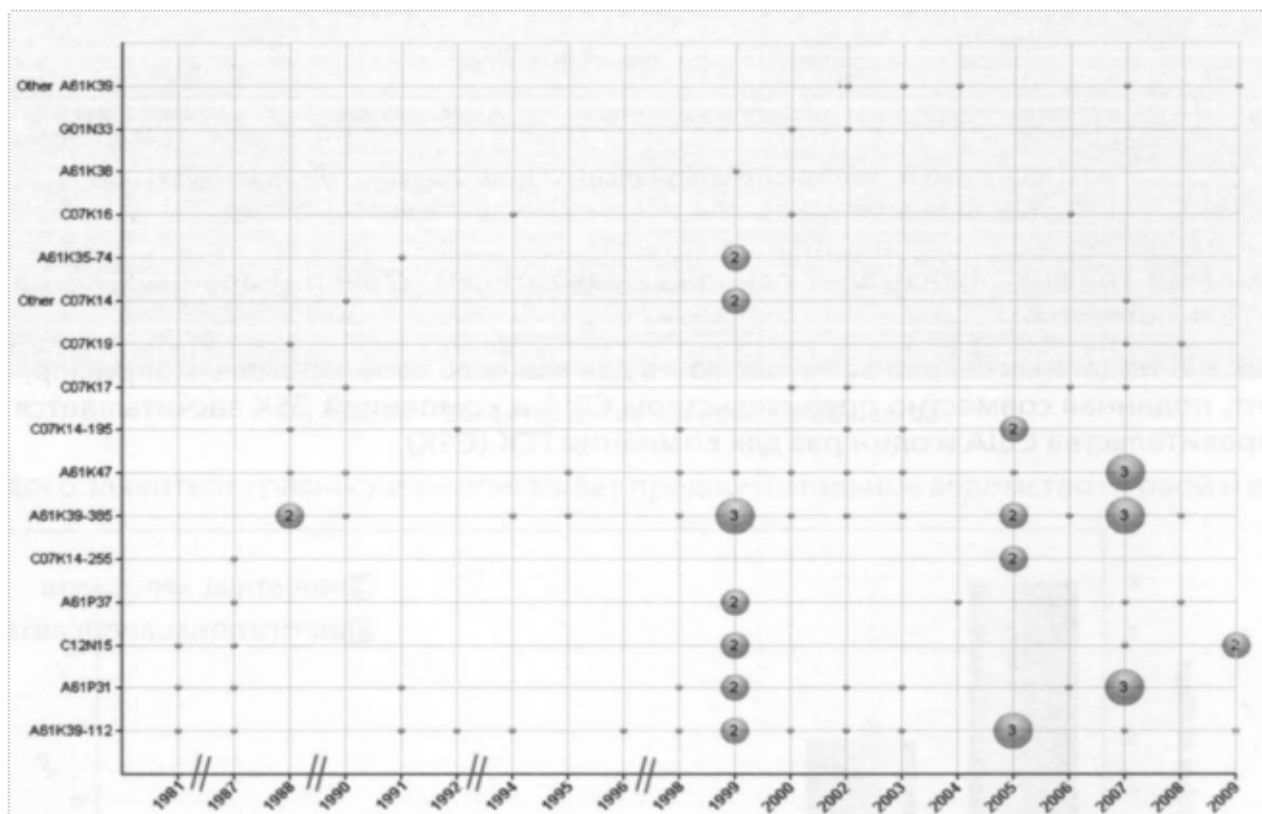


Рис. 2

Общее количество семейств патентов-аналогов с заявленными активными веществами человеческих грипповых вакцин	516
Общее количество различных патентов и заявок на патенты	2226
Средний размер семейств INPADOC	4.3 патентов или заявок на патенты/семейств ВО
Выданные патенты	38.3%
Заявки на РСТ	53.7%

компании, которые предоставляют услуги в областях аналитической обработки патентных данных. Для России это направление является достаточно новым, но нами были выполнены работы по построению и анализу патентных ландшафтов для Института машиноведения им. А.А. Благонравова Российской Академии наук (ИМАШ РАН) по реализации ими современных инновационных технологий по Федеральной целевой программе «Национальная технологическая база».

Результаты реализованных научно-технических разработок инновационных технологий с использованием современных методов патентно-информационного поиска и анализа патентной информации ИМАШ РАН защищены патентами на изобретения.

В качестве примера представляется патентный ландшафт: динамики патентных заявок (рис. 3), получения патентов на изобретения, полезные модели и свидетельства на объекты ИС (рис. 4), количества патентов, полученных в 2009–2013 гг. (рис. 5), Института машиноведения им. А.А. Благонравова РАН (ИМАШ РАН), реализованных нами.

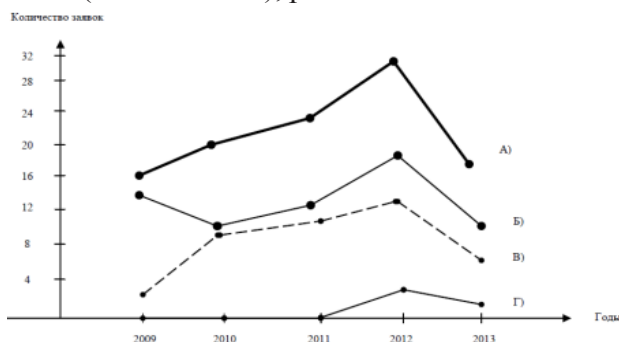


Рис. 3. Патентный ландшафт подачи патентных заявок ИМАШ РАН в 2009–2013 гг.: а) общая динамика; б) изобретения; в) полезные модели; г) программы ЭВМ

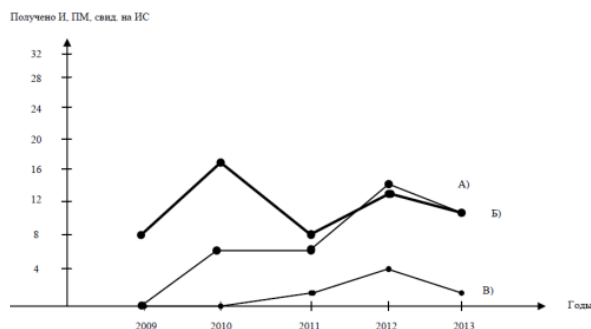


Рис. 4. Патентный ландшафт получения патентов на И, ПМ и свидетельств на объекты ИС: а) получено патентов на изобретения; б) получено патентов на полезную модель; в) получено свидетельств на объекты ИС

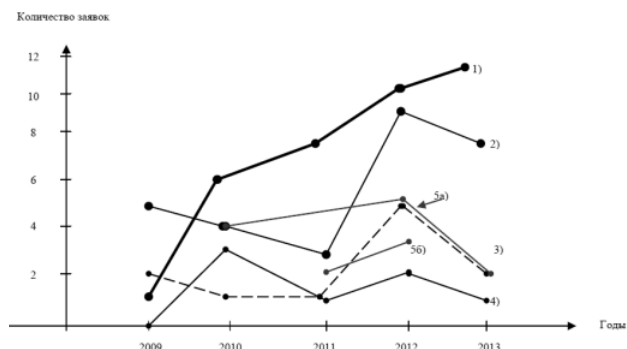


Рис. 5. Патентный ландшафт количества патентов, полученных в 2009–2013 гг. отделами ИМАШ РАН: 1) отдел «Механики и управления машинами»; 2) отдел «Вибрационная биомеханика»; 3) отдел «Прочности, живучести и безопасности машин»; 4) отдел «Трение, износ, смазка, трибология»; 5) филиал ИМАШ РАН: а) научный центр нелинейной волновой механики; б) отдел «Конструкционное материаловедение»

Выводы. Современные технические средства и компьютерные программы открывают возможности для развития принципиально новых методов информационного поиска и анализа патентной информации. Взаимодействие Всемирной организации интеллектуальной собственности (ВОИС) с Федеральной службой интеллектуальной соб-

ственности (Роспатент) по созданию Центров поддержки технологий и инноваций (ТИСЦ-ЦПТИ) позволяет приступить к решению проблемы патентно-информационного поиска, осуществлять поиск и анализ патентной информации с привлечением патентных ресурсов ВОИС, Европейского патентного ведомства и Национальных патентных ведомств. В этой связи поиск, построение и анализ патентных ландшафтов по специализированным областям инновационных процессов становится неотъемлемой частью всего процесса создания и управления результатами интеллектуальной деятельности как инструмента в конкурентной разведке, обеспечения успеха программы импортозамещения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сулейманов Н. Инструменты конкурентной разведки как основа успеха программы импортозамещения // Экономика и управление: научно-практический журнал. 2015. № 1. С. 70–74.
2. Создание сети центров поддержки технологий и инноваций в Российской Федерации / Е.В. Королева и др. М.: ИНИЦ «Патент», 2013. 80 с.
3. Сулейманов Н.Т., Сулейманов А.Н. Программа развития рынка интеллектуальной собственности в Республике Башкортостан // Вестник Академии наук РБ. 2013. Т. 18, №2. С. 17–22.
4. Кравец Л.Г. Виды анализа и визуализации патентной информации // Патентно-информационный анализ. Информация и управление предпринимательством. 2008. №1. С. 31–32.
5. Сулейманов Н.Т., Сулейманов А.Н. Управление интеллектуальной собственностью в условиях ВТО // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2013. №2. С. 10–13.

6. Patent Landscape Report on Vaccines for Selected Infectious Diseases // WIPO WORLD Intellectual Property Organization. 2012. С. 3–181.

7. Сухоруков Р.Ю., Сулейманов Н.Т., Гаврилова Л.В. Современные методы патентно-информационного поиска и анализа патентной информации и инновационных технологий ИМАШ РАН // Проблемы машиностроения и автоматизации. № 2. 2014. С. 4–9.

References

1. Suleymanov N.T. Tools for competitive reconnaissance as a basis for successful import replacement programme. *Ekonomika i upravlenie: nauchno-prakticheskiy zhurnal*, 2015, no. 1, pp. 70–74.
2. Establishing the network of Technology and Innovation Support Centres in the Russian Federation. E.V. Koroleva (ed.). Moscow, INITs Patent, 2013. 80 p.
3. Suleymanov N.T., Suleymanov A.N. The programme for the development of the intellectual property market in the Republic of Bashkortostan. *Vestnik akademii nauk Respubliki Bashkortostan*, 2013, vol. 18, no. 2, pp. 17–22.
4. Kravets L.G. Type of analysis and patent information visualization. *Patentno-informatsionnyy analiz: Informatsiya i upravlenie predprinimatelstvom*. Moscow, 2008, no. 1, pp. 31–32.
5. Suleymanov N.T., Suleymanov A.N. Management of intellectual property in the WTO conditions. *Problemy mashinostroeniya i avtomatizatsii*, 2013, no. 2, pp. 10–13.
6. Patent landscape report on vaccines for selected infectious diseases. WIPO World Intellectual Property Organization, 2012, pp. 3–181.
7. Sukhorukov R.Yu., Suleymanov N.T., Gavriliina L.V. Modern methods of patent information search and analysis of innovative technologies of Blagonravov Institute of Machine Science, Russian Academy of Sciences. *Problemy mashinostroeniya i avtomatizatsii*, 2014, no. 2, pp. 4–9.

METHODS OF AUTOMATED SEARCH FOR PATENT INFORMATION AND ITS ANALYSIS AS A BASIS FOR CREATING COMPETITIVE INNOVATIVE TECHNOLOGIES

© N.T. Suleymanov¹, A.N. Suleymanov², V.I. Mukhametshin³

¹ Eastern Academy of Economics, Humanitarian Sciences, Management, and Law (VEGU),
3, ulitsa Mubaryakova, 450092, Ufa, Russian Federation

^{2,3} Institute of Intellectual Property and Certification,
3, ulitsa Mubaryakova, 450092, Ufa, Russian Federation

The growth of patent information resources determines the need to improve automated search for patent information and its analysis, with wide application of systems for preparing “patent landscapes” (STN AnaVist,

Omniviz, Aurek, etc.) and visualizing the results. This paper presents new methods and means of search and analysis of patent information in developing the strategy that ensures companies' competitive advantage. It describes the potentialities of search engines, such as ESPACENET developed by the European Patent Office, PATENTSCOPE free search service created by the World Intellectual Property Organization (WIPO) and the search engine CLIR as well as Rospatent and the IRS Mimosa facilities. The ways are offered for their practical implementation using the example of "Patent Landscape Report on Vaccines for Selected Diseases" and the Institute for Machine Science of the Russian Academy of Sciences (IMASH RAS).

To solve the problem of patent information search and enhance the effective use of the results of intellectual activity, the Russian Federal Service for Intellectual Property (Rospatent) and the World Intellectual Property Organization (WIPO) signed the Memorandum of Understanding on the Establishment of Technology and Innovation Support Centres (TISC) in the Russian Federation.

Upon the TISC request, WIPO provides any information materials on intellectual property rights and patent information at its disposal.

Specific search tools are given for the construction of the patent landscape and database, and possible problems and solutions are discussed.

Today, there are specialized companies around the world, especially in the USA, that provide services in the area of patent data analysis. This service is rather new for Russia, but we have already carried out the work on the construction and analysis of patent landscapes for the Blagonravov Institute for Machine Science of the Russian Academy of Sciences (IMASH RAS) to implement modern innovative technologies via the Federal Targeted Programme "National Technological Base."

The results of scientific and technical developments in innovative technologies using modern methods of patent information search and analysis for the Institute for Machine Science of the Russian Academy of Sciences (IMASH RAS) are protected by invention patents.

Key words: intellectual property, patent information, patent mapping, patent landscape, patent statistics.



ИСЛАМ И ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ШКОЛА В ГИС

© Т.М. Надыршин

Рассматриваются возможности применения визуализации данных с помощью картографирования и геоинформационных систем применительно к модулю «Основы исламской культуры» комплексного учебного курса «Основы религиозных культур и светской этики».

Ключевые слова: ОРКСЭ, идентичность, этничность, ГИС, образование.

Применение информационных технологий как исследовательского инструмента расширяет возможности изучения вопросов взаимодействия государства и религии в области образования. Кроме того, использование геоинформационных систем позволяет визуализировать данные и существенно дополнить выводы отечественного исламоведения [1].

В 2015 г. на XI Конгрессе этнологов и антропологов России были продемонстрированы возможности геоинформационных методов в изучении этноконфессиональных процессов и религиозной жизни России. Варианты применения этих методов распространялись на вопросы изучения погребально-культурных сооружений мусульман [2], взаимодействия религии и армии [3], паломнической традиции в Башкортостане [4], отражения религиозного многообразия народов региона [5].

Приложение геоинформационных систем к анализу образовательных процессов в России уже было предпринято в отечественной науке [6, 7], в том числе и применительно к прикладным задачам управления образованием [8].

С 2010 г. в качестве эксперимента в ряде регионов России, а с 2012 г. на всей территории страны был введен предмет «Основы религиозных культур и светской этики».

Данный предмет разделен на шесть модулей, которые выбирают родители учащихся 4-х классов. Среди модулей два несут неконфессиональный характер – это «Основы светской этики» и «Основы мировых религиозных культур». Четыре модуля посвящены

традиционным конфессиям России – «Основы православной культуры», «Основы исламской культуры», «Основы буддийской культуры» и «Основы иудейской культуры».

Ресурс картографических и геоинформационных методов применительно к анализу выбора модулей курса, этноконфессиональной ситуации позволяет сделать ряд выводов относительно роли ислама в образовательном измерении в условиях преподавания курса.

Опираясь на отчеты органов образования, можно картографировать данные статистики по выбору модуля «Основы исламской культуры» в регионах Российской Федерации.

Данные о выборе модулей в России говорят о том, что преподавание носит преимущественно неконфессиональный характер [9]. В России 42.8% учащихся в 2015–2016 учебном году обучались по модулю «Основы светской этики». Данный модуль является наиболее популярным в регионах Российской Федерации (рис. 1).

Вторым по популярности является модуль «Основы православной культуры», которому отдают предпочтение родители в большинстве регионов Центрального федерального округа. В нескольких регионах России родители выбрали модуль «Основы мировых религиозных культур». В модуле даются элементарные представления о возникновении, истории и особенностях религий мира, их влиянии на жизнь людей. Этот вариант курса преобладает в регионах с полиэтничным составом населения: республики Северного Кавказа, Республика Татарстан, Республика

Крым. Несмотря на доминирование этнических мусульман в ряде регионов России, только в четырех из них выбор модуля «Основы исламской культуры» больше 5% (рис. 2). В это

число входят Республика Ингушетия (99.51%), Республика Чечня (97.53%), Республика Дагестан (39.02%), Республика Карачаево-Черкесия (17.25%).



Рис. 1. Наиболее выбираемые модули курса ОРКСЭ в регионах Российской Федерации в 2015–2016 учебном году



Рис. 2. Выбор модуля «Основы исламской культуры» курса ОРКСЭ в регионах Российской Федерации в 2015–2016 учебном году

Эти данные демонстрируют следующую картину: в регионах со смешанным религиозным составом населения совокупный выбор конфессиональных модулей резко снижается. Данный вывод находит подтверждение в большинстве регионов России. Иными словами, происходит отказ от проявления конфессиональной идентичности в образовательном пространстве внутри поликонфессионального общества.

Полевые материалы, полученные на базе Института этнологических исследований им. Р.Г. Кузеева в 2012–2016 гг., говорят о том, что существует несколько основных причин такого слабого проявления конфессиональной идентичности. Среди них большое значение приобретает влияние фактора образовательной среды. Воздействие на выбор модуля может исходить от учебного заведения, его финансовых возможностей, учителя, центральных и местных образовательных ведомств, которые стремятся к компромиссу при выборе модулей.

Тем не менее региональный или районный срез анализа выбора шести указанных вариантов курса не всегда дает возможность для изучения влияния этнического фактора на изменение соотношения выбора модулей. Именно здесь возрастает роль геоинформационных систем для анализа проявления этноконфессиональной идентичности в образовании. В качестве инструмента изучения была

использована программа WorldMap [10]. Это бесплатный онлайн-сервис для создания, отображения, анализа и исследования пространственных данных. Программа позволяет отображать, визуализировать и делиться материалами в пространственной конструкции ГИС.

Для реализации целей исследования была начата работа по созданию карты «Religious Education» и слоя «Modules of Basics of RE&SE». Так как данный онлайн-сервис не располагает возможностями распознавания данных на русском языке, типы данных были написаны на английском языке.

В качестве примера для исследования был выбран Ишимбайский район Республики Башкортостан. Выбор указанного муниципального образования произошел по нескольким причинам. Во-первых, в районе были выбраны все четыре модуля региона. Во-вторых, ни один из них не получил большинства, а в-третьих, в данном районе была получена база с указанием учебников, которые выбрали в школах района, которые также были внесены в базу.

На карту в качестве объектов были нанесены школы, где ведется преподавание курса «Основы религиозных культур и светской этики». Информация о школе по возможности сопровождалась названием, краткой историей, указанием модуля (Здесь IC – это Islamic culture), учебником, количеством классов и количеством учащихся (рис. 3.)

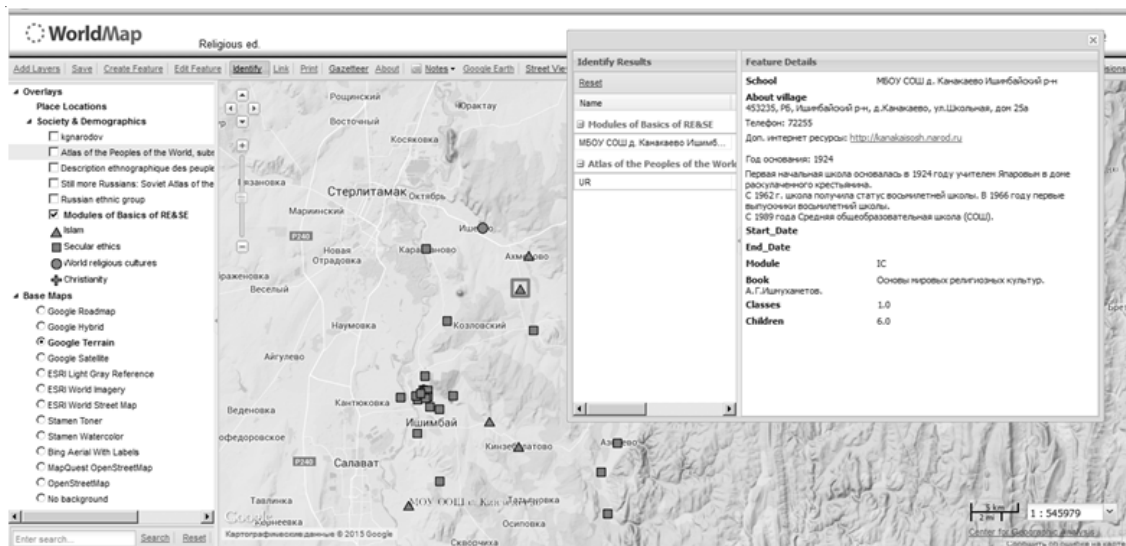


Рис. 3. Описание одного из элементов в слое «Modules of Basics of RE&SE» в онлайн-сервисе World Map

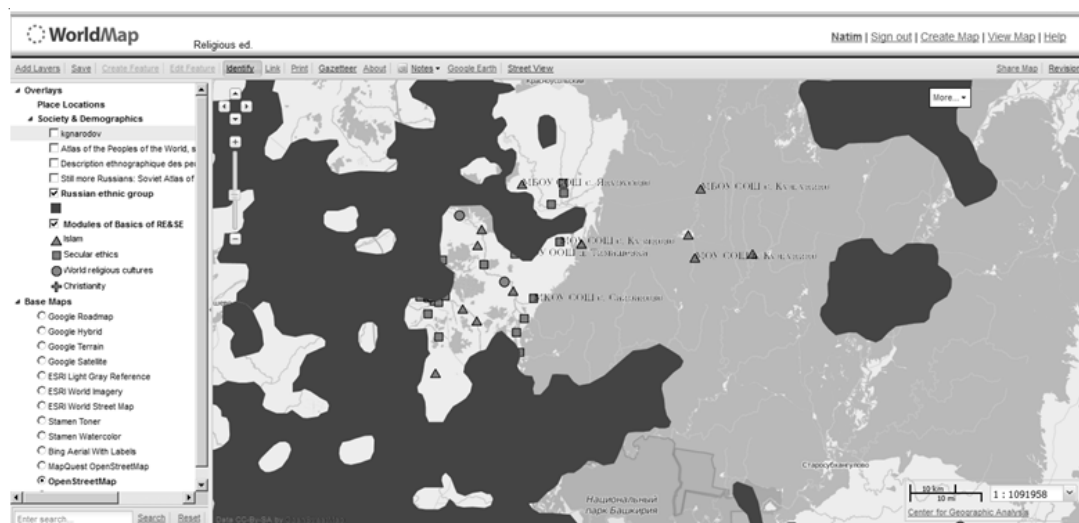


Рис. 4. Наложение слоя «Russian ethnic group» и слоя «Modules of Basics of RE&SE» в онлайн-сервисе World Map

В свойства слоя был введен собственный алгоритм, согласно которому при вводе названия модуля автоматически менялась иконка образовательного учреждения, где квадрат – это «Основы светской этики», круг – «Основы мировых религиозных культур», треугольник – «Основы исламской культуры», а крест – «Основы православной культуры».

При выборе объекта выходит сопутствующая информация. Так как это онлайн-сервис, то карту и слои можно сделать публичными, закрытыми либо открытыми для определенных пользователей. Это касается как просмотра, так и редактирования карты и слоев.

Множество слоев находится в открытом доступе для пользователей, среди них есть те, что отражают этнические характеристики. В качестве примера совмещения статистики выбора модулей с этнической структурой были наложены отдельные слои, находящиеся в открытом доступе.

На рис. 4 представлен выбор модулей с наложением слоя «Russian ethnic group». В аннотации слоя указано: «Этот слой показывает участки (теперь уже бывшего советского мира), в котором русские представляют собой наиболее густонаселенную этническую группу». На карте мы видим, что модуль «Основы исламской культуры», выделенный треугольниками, не совпадает со слоем русского населения.

По данным Министерства образования Республики Башкортостан, выбор родителей

модуля ОРКСЭ распределяется следующим образом: «Основы православной культуры» – 0.64%; «Основы исламской культуры» – 2.54%; «Основы буддийской культуры» и «Основы иудейской культуры» – 0%; «Основы мировых религиозных культур» – 18.67%; «Основы светской этики» – 78.14%. Несмотря на то, что образовательная среда является важным фактором при выборе модулей, не теряет свое значение и влияние этнического фактора. Полевые исследования в городах и районах республики позволили сделать вывод, что конфессионально-ориентированные модули «Основы православной культуры» и «Основы исламской культуры» выбирают чаще всего в моноэтнических селах и деревнях, а также в национальных гимназиях в городах. На изучение основ мировых религиозных культур и основ светской этики ориентируются родители учащихся в городах Уфа, Нефтекамск, Стерлитамак, Ишимбай, Учалы, Белебей, которые являются промышленными центрами с полиэтничным составом населения.

Использование онлайн-сервиса World Map подтверждает полученную информацию и позволяет продемонстрировать ее на карте, где на примере одного района видно, что выбор конфессионально-ориентированных модулей характерен для моноэтнических населенных пунктов.

Статья подготовлена при поддержке РГНФ, проект № 15-01-12014.

ЛИТЕРАТУРА

1. Юнусова А.Б., Христодуло О.И., Абдуллин А.Х. Геоинформатика для ислама: о проекте создания интерактивной электронной карты «Ислам на Южном Урале» // Известия Уфимского научного центра РАН. 2015. Т. 4. С. 112–115.
2. Тузбеков А.И. ГИС в изучении погребально-культовых сооружений мусульман на Южном Урале // Контакты и взаимодействие культур: XI Конгресс антропологов и этнологов России: сб. мат-лов. 2015. С. 240.
3. Баимов А.Г. Картографирование культовых объектов в военных частях Приволжского и Уральского федеральных округов // Контакты и взаимодействие культур: XI Конгресс антропологов и этнологов России: сб. мат-лов. 2015. С. 237.
4. Хабибуллина З.Р. Метод картографирования в изучении паломнической традиции мусульман Башкортостана // Контакты и взаимодействие культур: XI Конгресс антропологов и этнологов России: сб. мат-лов. 2015. С. 241.
5. Мухаметзянова-Дуггал Р.М. Использование геоинформационных систем (ГИС) для отражения религиозного многообразия народов Башкортостана // Контакты и взаимодействие культур: XI Конгресс антропологов и этнологов России: сб. мат-лов. 2015. С. 238.
6. Иваникова Е.А., Грибкова И.С., Ламанов П.И. Опыт применения ГИС для управления земельно-имущественным комплексом на примере школ // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). 2015. № 4. С. 99–102.
7. Соломин В.П., Беяков О.И. Возможности ГИС-технологий в мониторинге качества образования // Менеджмент XXI века: управление образованием. СПб, 2006. С. 194–196.
8. Симонов А.В., Ваграменко Я.А. Геоинформационная система как инструмент управления образованием в регионе // Педагогическая информатика. 2011. № 3. С. 91–97.
9. Надыршин Т.М. Проблемы и перспективы преподавания знаний о религии в школах России // Этнос. Общество. Цивилизация: Четвертые Кузеевские чтения: Мат-лы Международной научно-практической конференции. Уфа, 2015. С. 187.
10. WorldMap – Harvard University. URL: <http://worldmap.harvard.edu/>

References

1. Yunusova A.B., Khristodulo O.I., Abdullin A.Kh. Information technology for Islam: On the project to create interactive electronic maps «Islam in the South Urals». Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN, 2015, vol. 4, pp. 112–115.
2. Tuzbekov A.I. Geographic Information Systems for studying Muslim burial cult structures in the South Urals. Kontakty i vzaimodeystvie kultur: XI Kongress antropologov i etnologov Rossii: Sbornik materialov. Ufa, 2015, p. 240.
3. Baimov A.G. Mapping of religious sites in military units of the Volga and Ural Federal Districts. Kontakty i vzaimodeystvie kultur: XI Kongress antropologov i etnologov Rossii: Sbornik materialov. Ufa, 2015, p. 237.
4. Khabibullina Z.R. Mapping method in studying the pilgrimage tradition among Muslims of Bashkortostan. Kontakty i vzaimodeystvie kultur: XI Kongress antropologov i etnologov Rossii: Sbornik materialov. Ufa, 2015, p. 241.
5. Mukhametzyanova-Duggal R.M. Using Geographic Information Systems (GIS) to represent the multiplicity of religions among the peoples of Bashkortostan. Kontakty i vzaimodeystvie kultur: XI Kongress antropologov i etnologov Rossii: Sbornik materialov. Ufa, 2015, p. 238.
6. Ivanikova E.A., Gribkova I.S., Lamanov P.I. Practice of using Geographic Information Systems to manage land and logistic complex as exemplified by comprehensive schools. Nauka. Tekhnika. Tekhnologii (Politekhicheskiy vestnik), 2015, no. 4, pp. 99–102.
7. Solomin V.P., Belyakov O.I. Possibilities of GIS technologies in monitoring the quality of education. Menedzhment XXI veka: upravlenie obrazovaniem. St. Petersburg, 2006, pp. 194–196.
8. Simonov A.V., Vagramenko A.Ya. Geographic Information System as a tool to manage education in the region. Pedagogicheskaya informatika, 2011, no. 3, pp. 91–97.
9. Nadyrshin T.M. Problems and prospects for the development of teaching knowledge about religions in Russian schools. Etnos. Obshchestvo. Tsivilizatsiya: Chetvertye Kuzseevskie chteniya: Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Ufa, 2015, p. 187.
10. WorldMap – Harvard University. URL: <http://worldmap.harvard.edu/>

ISLAM AND THE COMPREHENSIVE SCHOOL IN GIS

© T.M. Nadyrshin

Kuzeev Institute for Ethnological Studies, Ufa Scientific Centre, RAS,
6, ulitsa K. Marksa, 450077, Ufa, Russian Federation

The article describes the possibility of using data visualization through mapping and Geographic Information System with respect to «The Basics of Islamic Culture» module of «The Basics of Religious Cultures and Secular Ethics» course.
Key words: «The Basics of Religious Cultures and Secular Ethics», identity, ethnicity, GIS, education.

МЕЧЕТИ В УЧРЕЖДЕНИЯХ ПЕНИТЕНЦИАРНОЙ СИСТЕМЫ РОССИИ ПО РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН

© А.Г. Баимов

На основе геоинформационного картографирования рассматриваются вопросы обеспечения свободы совести и вероисповедания лиц, находящихся в заключении в системе ФСИН, представлены общие сведения о мечетях, расположенных в местах лишения свободы на территории Республики Башкортостан, приведены сведения, характеризующие особенности функционирования культовых объектов в пенитенциарной системе региона.

Ключевые слова: Республика Башкортостан, ГИС, ФСИН, пенитенциарная система, мечеть, храм, молельная комната, свобода совести и вероисповедания.

В рамках проекта РГНФ 15-01-12014 «ГИС на Южном Урале» (руководитель проф. А.Б. Юнусова) нами был собран материал для создания электронной иллюстрированной базы данных в виде интерактивной карты [1], где будет представлена информация о мечетях, мусульманских молельных домах, комнатах, местах поклонения [2], находящихся на территории Южного Урала (Республика Башкортостан, Курганская, Оренбургская, Челябинская области). Результаты исследований за 2015 год были опубликованы в научных журналах [3, 4] и апробированы на научно-практических конференциях [5–9]. Электронная база данных содержит информацию с фотоснимками всех мечетей, включая те, которые расположены на территории режимных объектов, таких как воинские части [10] и исправительные учреждения. В предлагаемой статье представлены материалы по мечетям в Республике Башкортостан, которые функционируют на территории, подконтрольной Федеральной службе исполнения наказания России (ФСИН).

Об обеспечении свободы совести и свободы вероисповедания осужденных говорится в статье 14 Уголовно-исполнительного кодекса РФ. Пункт 7 данной статьи допускает наличие в пенитенциарных учреждениях религиозных сооружений.

На территории Республики Башкортостан расположено 21 учреждение ФСИН. В 11 из них

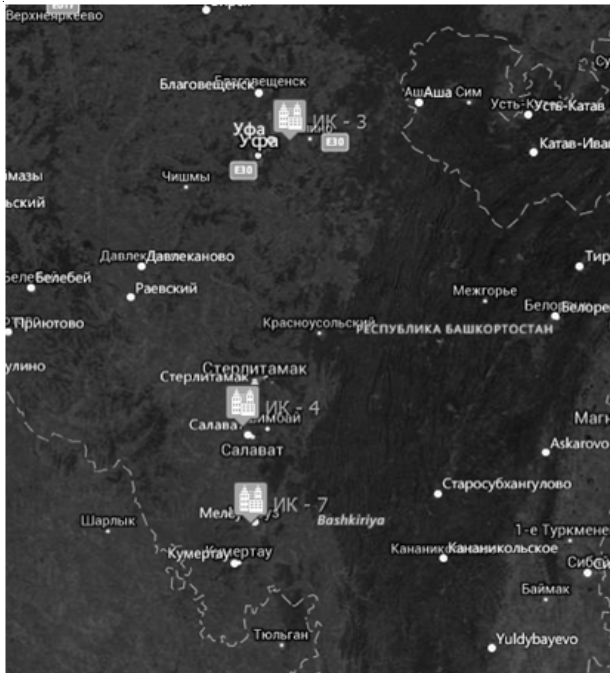
оборудованы молельные комнаты, а в трех самых крупных, с лимитом содержания 1000 и более человек, действуют мечеть и православный храм. Первая мечеть появилась на территории Исправительной колонии № 4 (г. Салават-6, 152 км автодороги Уфа – Оренбург, N53°24'56,54"; E55°50'45,12"). Причем эта мечеть стала первым культовым сооружением для мусульман в системе ФСИН не только в регионе, но и по всей Российской Федерации.



Мечеть «Акьюл»

Мечеть была построена в 2005 г., вместе с православным храмом, силами самих заключенных на благотворительные и федеральные средства. Инициатива исходила от Министерства юстиции, начальника ГУФСИН России по Республике Башкортостан В.В. Шалыгина и ЦДУМ РФ в лице муфтия Рамиль-хазрата Насырова. По итогам выборов среди самих заключенных мечеть получила название «Акьюл» («Белый путь» – имеет также и символическое значение) в честь начальника колонии подполковника С.С. Акьюлова. Сооружение представляет собой каменное здание прямоугольной формы 12×6×6 м, с минаретом высотой 6 м.

В апреле 2009 г. открытие мечети состоялось в Исправительной колонии № 3, в микрорайоне Шакша, г. Уфа. (Уфа-69, пос. Шакша, ул. Советов, 54. N54°47'17,42"; E56°14'05,90"). Мечеть построена осужденными на федеральные и благотворительные средства и представляет собой здание из красного кирпича Г-образной формы 10×5×6 м, с минаретом 8 м.



Нанесение на карту мечетей в ИК-3, ИК-4, ИК-7

В 2014 г. было завершено строительство мечети в Исправительной колонии № 7 (г. Мелеуз, ул. Ленина, 1а. N52°56'13,95"; E55°55'10,98"). Строительство велось с 2011 г. силами осужденных на благотворительные и федеральные средства. Мечеть построена из красного кир-

пича, по итогам конкурса среди осужденных получила название «Юлдаш» («Спутник»). Представляет собой здание прямоугольной формы 12×6×6, с отдельным минаретом высотой 14 м. До строительства мечети в колонии функционировали 2 молельные комнаты: для православных и для мусульман.

Посещение мечети для заключенных является ограниченным правом, которого верующий может лишиться в случае нарушения дисциплины. Порядок посещения мечети следующий:

- 1) осужденный пишет заявление о желании посещать мечеть;
- 2) рассмотрение заявления администрацией исправительного учреждения;
- 3) составление списка прихожан мечети;
- 4) составление индивидуального графика посещения мечети с учетом времени исправительных работ и установленного режима.

Во время месяца рамадан осуществляется халяльное питание. По словам одного из участников строительства культовых объектов на территории Исправительной колонии № 4 Г.Г. Суфиянова (стал первым имамом мечети «Акьюл», будучи в местах лишения свободы, по истечении срока наказания получил лицензию имам-хатыба), появление православного храма и мечети положительно отразилось на дисциплине, увеличилось количество верующих и интересующихся религией. Г.Г. Суфиянов считает, что правоверный мусульманин не нуждается в контроле извне: «потому что для него сам Аллах контроль. От Всевышнего ничего не скроешь, поэтому те, кто по-настоящему верят – никогда не нарушают дисциплину, потому что Ислам – это покорность [10]».

За последние годы было множество публикаций о том, что в местах заключения распространяется радикальный ислам, и это невозможно контролировать. Каждое повторное наказание распространителей оценивается осужденными как мученичество за веру, и тем самым ситуация усугубляется увеличением количества последователей. Они отказываются принимать имама из-за колючей проволоки, иногда даже отправляют угрозы в его адрес.

Однако результаты анализа СМИ и интервьюирования бывших заключенных пока-

зывают, что в исправительных учреждениях, распространенных по Республике Башкортостан, подобного явления практически не наблюдается. Отношение заключенных в исправительных учреждениях по Республике Башкортостан к гражданским имамам положительное, о чем свидетельствуют их письменные просьбы в ЦДУМ РФ направить на службу в мечеть имама, и подтверждается словами заключенных, уже отбывших срок наказания: «Что касается «имама из-за колючей проволоки», мы с нетерпением ждали, когда к нам придет Рамиль-хазрат. Мы все его очень уважали. Чтобы была отдача, нужно, чтобы в мечети всегда был имам. Вот к нам, например, часто приходил Рамиль-хазрат, и у нас были те, кто регулярно ходили в мечеть, увеличилось количество интересующихся религией и кающихся в своих деяниях. А в других колониях, я слышал, нет постоянного имама, или он там бывает редко, следовательно – в мечеть мало кто ходит» [10]. Но все же, для работы с заключенными рядовые священнослужители на практике почти не направляются. Беседы проводят среди православных епископы, среди мусульман – муфтии. В качестве исключения для пятничных проповедей могут выбрать имама из числа заключенных с одобрения кандидатуры администрацией колонии. Приведенный факт показывает необходимость обучения имамов для работы непосредственно с заключенными.

Таким образом, строительство мечетей в учреждениях пенитенциарной системы способствует достижению ряда задач, которые ставятся перед ФСИН России. Во-первых, обеспечение свободы совести и свободы вероисповедания осужденных, гарантированных Конституцией РФ. Во-вторых, противодействие распространению ислама радикального толка в исправительных учреждениях и образованию «тюремных джамаатов» через проповеди, проводимые в мечетях. В-третьих, использование потенциала религии в воспитательных целях.

Статья подготовлена при поддержке РГНФ в рамках проекта № 15-01-12014.

ЛИТЕРАТУРА

1. Юнусова А.Б., Христодуло О.И., Абдуллин А.Х. Геоинформатика для ислама: о проекте создания интерактивной электронной карты «Ислам на Южном Урале» // Известия Уфимского научного центра РАН. 2015. Т. 4. С. 112–115.
2. Тузбеков А.И., Бахшиев И.И. Археологические памятники как объекты сакрализации (на примере могильника Ильчигулово IV) // Известия Уфимского научного центра РАН. 2015. № 4. С. 103–107.
3. Юнусова А.Б. Мобилизованный архаизм: новые тенденции в религиозной практике поклонения башкирских мусульман // Известия Уфимского научного центра РАН. 2015. № 3. С. 106–115.
4. Надыршин Т.М. ОРКСЭ в общеобразовательных школах Челябинска // Известия Уфимского научного центра РАН. 2015. № 4. С. 108–111.
5. Тузбеков А.И. ГИС в изучении погребально-культурных сооружений мусульман на Южном Урале // Контакты и взаимодействие культур: XI Конгресс антропологов и этнологов России: сб. мат-лов. 2015. С. 240.
6. Баимов А.Г. Картографирование культовых объектов в военных частях Приволжского и Уральского федеральных округов // Контакты и взаимодействие культур: XI Конгресс антропологов и этнологов России: сб. мат-лов. 2015. С. 237.
7. Надыршин Т.М. География выбора модулей «Основ религиозной культуры и светской этики» // Контакты и взаимодействие культур: XI Конгресс антропологов и этнологов России: сб. мат-лов. 2015. С. 239.
8. Мухаметзянова-Дуггал Р.М. Использование геоинформационных систем (ГИС) для отражения религиозного многообразия народов Башкортостана // Контакты и взаимодействие культур: XI Конгресс антропологов и этнологов России: Сб. мат-лов. 2015. С. 238.
9. Баимов А.Г. Мечети в военных частях на территории Южного Урала // Известия Уфимского научного центра РАН. 2015. № 4. С. 116–119.
10. ПМА. Июль 2016 г.

References

1. Yunusova A.B., Khristodulo O.I., Abdullin A.Kh. Information technology for Islam: On the project to

create interactive electronic maps «Islam in the South Urals». *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2015, vol. 4, pp. 112–115.

2. Tuzbekov A.I., Bakhshiev I.I. Archaeological sites as objects of sacralization (exemplified by the Ilchigulovo IV burial ground). *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2015, no. 4, pp. 103–107.

3. Yunusova A.B. Mobilizing the past: Recent trends in the traditional worship practice of Bashkir Muslims. *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2015, no. 3, pp. 106–115.

4. Nadyrshin T.M. “The Fundamentals of Religious Cultures and Secular Ethics” in comprehensive schools of Chelyabinsk. *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2015, no. 4, pp. 108–111.

5. Tuzbekov A.I. Geographic Information Systems for studying Muslim burial cult structures in the South Urals. *Kontakty i vzaimodeystvie kultur: XI Kongress antropologov i etnologov Rossii: Sbornik materialov*. Ufa, 2015, p. 240.

6. Baimov A.G. Mapping of religious sites in military units of the Volga and Ural Federal Districts. *Kontakty i vzaimodeystvie kultur: XI Kongress antropologov i etnologov Rossii: Sbornik materialov*. Ufa, 2015, p. 237.

7. Nadyrshin T.M. The geography of choosing the modules of “The Fundamentals of Religious Cultures and Secular Ethics”. *Kontakty i vzaimodeystvie kultur: XI Kongress antropologov i etnologov Rossii: Sbornik materialov*. Ufa, 2015, p. 239.

8. Mukhametzyanova-Duggal R.M. Using Geographic Information Systems (GIS) to represent the multiplicity of religions among the peoples of Bashkortostan. *Kontakty i vzaimodeystvie kultur: XI Kongress antropologov i etnologov Rossii: Sbornik materialov*. Ufa, 2015, p. 238.

9. Baimov A.G. Mosques in military units of the South Urals. *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2015, no. 4, pp. 116–119.

10. PMA. July 2016.



MOSQUES IN CORRECTIONAL INSTITUTIONS OF THE RUSSIAN FEDERAL PENITENTIARY SERVICE IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

© A.G. Baimov

Kuzeev Institute for Ethnological Studies, Ufa Scientific Centre, RAS,
6, ulitsa K. Marksa, 450077, Ufa, Russian Federation

Based on geographic information mapping, the article considers the aspects of granting freedom of conscience and religion to persons confined in correctional institutions of the Russian Federal Penitentiary Service and gives an overview of the mosques located within the places of detention in the Republic of Bashkortostan alongside the information to characterize some features of functioning of religious sites in the prison system of the region.

Key words: Republic of Bashkortostan, Geographic Information System, Federal Penitentiary Service, penitentiary system, mosque, Islamic building, prayer room, freedom of conscience and religion.

**ГОРОДИЩА КАЛАТАУ В СИСТЕМЕ КУЛЬТУРНЫХ ЛАНДШАФТОВ
СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО БАШКОРТОСТАНА**

© А.И. Тузбеков, А.Г. Колонских

На основе анализа укрепленных поселений периода раннего железного века и средневековья, связанных с топонимом Калатау, определяется место и роль археологического памятника в природной и культурной (духовной) среде населения северо-западного региона Башкортостана. В рамках исследования на основе опросов и интервью выявлен характер восприятия и интерпретация местным населением памятников археологии, находящихся в непосредственной близости от населенных пунктов.

Ключевые слова: археологический памятник, культурный ландшафт, городище, Калатау.

Ландшафт каждого региона, в том числе и северо-западного Башкортостана, составляет одну из разновидностей не только природного, но и историко-культурного наследия населяющих его народов. Он содержит богатую информацию об истории и культуре местных жителей, их старинных традициях и верованиях, историческом сознании, о межэтнических и межконфессиональных контактах обитателей края [1, с. 4].

Существующий в отечественной науке этнокультурный подход к анализу культурного ландшафта трактует его как культурную среду этнического сообщества, сформировавшуюся в определенных природно-географических условиях, взятую в ее целостности. Так, В.Н. Калуцков в качестве составных частей культурного ландшафта выделяет мифологию места, духовную культуру, местный фольклор, восприятие местным сообществом своих традиций и т.д. [2, с. 187–188].

В рамках данной статьи определено место и роль археологического памятника в природной и культурной (духовной) среде населения северо-западного региона Башкортостана.

Наиболее известными среди населения археологическими памятниками являются городища, курганные могильники, пещеры и менгиры. Поэтому в ходе исследований поставлена цель выяснить характер восприятия

и интерпретацию местным населением городищ, связанных с топонимом Калатау.

На основе анализа архивных и библиографических данных (научные отчеты исследователей), научно-справочной литературы, содержащей данные по большинству выявленных на территории Республики Башкортостан археологических памятников (АКБ и др.) [3–6] была произведена локализация археологических памятников, используемых в качестве культовых мест или мест, включенных в систему верований. В результате было выявлено, что большинство легенд и верований, распространенных среди населения, проживающего на севере и северо-западе Республики Башкортостан, связано с городищами, называемыми среди башкир и татар Калатау (город-гора), Хантау (гора хана); у удмуртов Каргуречь (городищенская гора); у марийцев Ола-Курук (город-гора), Керемет; у русских Чертово, Чудское, Чудково, Городок. Данные городища расположены вблизи населенных пунктов (на удалении не более 2 км) на господствующих высотах и относятся к периоду раннего железного века и средневековья. Благодаря исследованиям, проведенным Н.А. Мажитовым [7, с. 1440–1442], был подготовлен список данных памятников (табл. 1).

ТУЗБЕКОВ Айну́р Ильфа́тович – к.и.н., Институт этнологических исследований им. Р.Г. Кузеева Уфимского научного центра РАН, e-mail: tuzbek.80@mail.ru

КОЛОНСКИХ Александр Геннадьевич, Институт этнологических исследований им. Р.Г. Кузеева Уфимского научного центра РАН, e-mail: kontrobazzz@mail.ru

Памятники археологии северо-западного Башкортостана, ассоциированные с топонимами Калатау, Хантау, Каргуречь, Ола-Курук, Керемет, Чертово, Чудское, Чудково, Городок

Памятник	Культура	Топонимическое название	Расстояние до ближайшего НП, км
Имяево-1	Бахмутинская	Калатау	1.5
Кансиярское	Бахмутинская	Калатау	0.4
Урское	Бахмутинская	Калатау	1.5
Айбашевское (Камышинское)	Караабызская, бахмутинская	Чудское	1.5
Бирское	Ананьинская, бахмутинская, караабызская, кушнарниковская	Чертово	окраина
Богородское (Сергеевское)	Бахмутинская	Городок	0.5
Баразинское	Бахмутинская	Калатау	0.5
Бустанаевское	Бахмутинская	Калатау	1.5
Кудашевское	Бахмутинская	Калатау	1.5
Юмакаевское	Бахмутинская	Калатау	0.2
Юлдуз	РЖВ	Калатау	0.7
Краснохолмское	Бахмутинская	Калатау	1.5
Чудково	РЖВ	Чудково	2
Кереметьевское	РЖВ	Керемет	0.5
Байкинское	Бахмутинская	Чудское	0.3
Тра-Тау	Ананьинская, пьяноборская, бахмутинская	Калатау	2
Старо-Муштинское	Ананьинская	Кыз-Калатау	0.6
Кушнарниковское	РЖВ	Чертов городок	0.3
Камеевское	Бахмутинская	Ола-Курук	1
Кальтяевское	Бахмутинская	Калатау	2
Шульгановское	Бахмутинская	Калатау	1.5
Чоргильдинское	Бахмутинская	Калатау	1
Новотатышлинское	Бахмутинская	Каргуречь	1
Старо-Калмашевское	Кушнарниковская, каракуповская	Калатау	2
Исхаковское	Бахмутинская	Калатау	1
Таулинское	Бахмутинская	Калатау	1.5
Югомашевское-1	Бахмутинская	Калатау	0.5
Югомашевское-2	Бахмутинская	Калатау	2.5
Югомашевское-3	Бахмутинская	Калатау	2
Месягутовское	Бахмутинская	Калатау	2
Амзинское	РЖВ	Хантау	2
Чишминское	РЖВ	Калатау	0.5

Картографирование вышеупомянутых памятников (рис. 1, 2) позволило выявить микрорайон наибольшей концентрации городищ, именуемых среди населения Калатау. В него вошли Югомашевское 1, 2, 3, Шульгановское, Таулинское, Месягутовское городища. Данный микрорайон расположен в пределах Прибельской увалисто-волнистой равнины, на вытянутых возвышенностях с плоской, слегка выпуклой или волнистой вершинами и крутыми склонами, пригодными для обустройства

хорошо укрепленных поселений. Административно-территориально микрорайон расположен в восточной части Янаульского и западной части Татышлинского районов.

Шульгановское городище. с. Шульганово, Татышлинский район. Находится в 1.5 км юго-западнее села, на высокой горе-мысу, называемой населением Калатау, на правом берегу небольшого ручья. Памятник осмотрен в 1967 г. Н.А. Мажитовым, в 1988 г. Б.Б. Агеевым. Площадка городища трапецевидной фор-

мы, имеет длину 150 м и ширину 45–75 м. Городище имело сложную систему оборонительных сооружений. С напольной стороны оно укреплено валом высотой со дна рва 4.5–5 м, шириной у основания 12–15 м. Вал, постепенно понижаясь, опоясывает площадку с запада и юга. За валом находился ров глубиной 2.5–4 м, шириной 3–5 м. Такие же рвы

глубиной 2–2.5 м перерезают два пологих восточных выступа городища. На сегодняшний день площадка памятника практически разрушена карьером и засажена хвойной посадкой. Население, проживающее в дд. Шулганово и Кашкаково, четко указывает на местонахождение Шульгановского городища, называя его Калатау. Местные жители упоминали о случайных находках на его территории и советуют не ходить на Калатау вечером и ночью, в виду неблагоприятности данного места, называя его «захматле урын» (место обитания злого духа). Рекомендуют перед входом на городище соблюсти мусульманский обряд, дабы уберечься от этих злых сил. Также среди местного населения существует поверье о том, что с территории памятника доносятся крики людей, возможно, проживавших на городище в прошлом. По сведениям местных жителей, к городищу был приурочен курганный могильник называемый среди населения «алпамыша кабере» (могила великанов), находившийся в 0.5 км к востоку от деревни Шулганово на склоне в 0.1 м к востоку от современного ското-могильника, но со временем ввиду активной распашки курганы нивелировались.

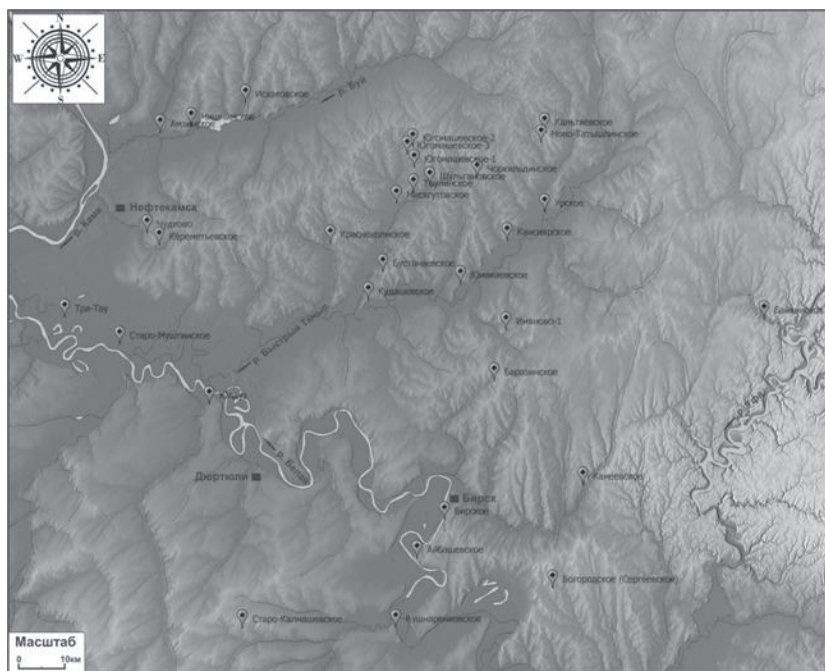


Рис. 1. Карта распространения городищ северо-западного Башкортостан, известных населению как Калатау, Хантау, Каргуречь, Ола-Курок, Чертово, Чудское, Гордок

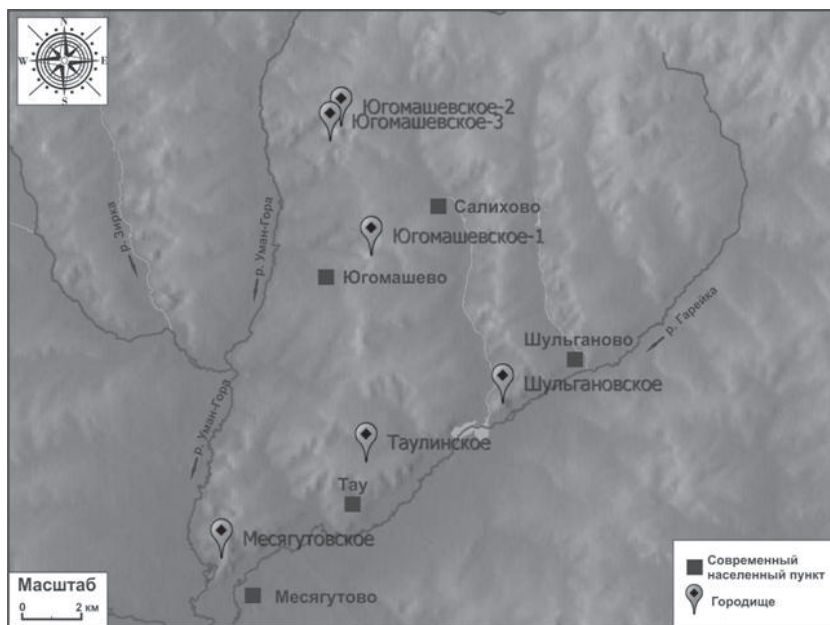


Рис. 2. Микрорайон с наибольшей концентрацией городищ, именуемых населением Калатау

Югамашевское I городище с. Югамаш, Янаульский район. Находится в 0.5 км восточнее села, на вершине горы, называемой Кала-Тау. Площадка городища имеет трапециевидную форму 160×65–90 м, с напольной стороны укреплена двумя валами и рвами. Внешний вал, высотой со дна рва 1–1.2 м, состоит из двух частей, расположенных почти под прямым углом. Через вал и ров был ос-

туплен. Внутренний вал, высотой со дна рва 1–1.2 м, состоит из двух частей, расположенных почти под прямым углом. Через вал и ров был ос-

тавлен проход на городище. Внутренний вал изогнут, высота его со дна заплывшего рва 2 м. В июне 2016 г. восточная часть памятника была разрушена строительными работами. Опрос жителей д. Югамашево показал, что большинство населения знает, что на данном месте ранее существовал город, но не ассоциирует жителей данного города со своими предками. Упоминаний о данном месте как о месте культа или священном месте при опросе жителей не зафиксировано. Вершина горы периодически посещается жителями деревни как одно из примечательных мест.

Югамашевское II городище – памятник был ассоциирован Н.А. Мажитовым с топонимическим названием Калатау [7, с. 1441]. Описанное Н.А. Мажитовым городище находится у подножья горы Югамаш, хотя во всех остальных случаях топоним Калатау носят городища, находящиеся на вершинах возвышенностей (находится в 4 км севернее деревни у подножья г. Югамаш, на узком мысу левого берега небольшой речки. Городище защищено 3 валами высотой от 2 до 4 м и рвами глубиной до 1 м [6, с. 82]). В процессе обследования данный объект археологии обнаружить не удалось. В этой связи, на наш взгляд, археологическим памятником, носящим название Калатау, является Югамашевское III городище, описанное Н.В. Гундеровой и С.Р. Исмагиловым [8, с. 79].

Югамашевское III городище – расположено в 6 км к северо-востоку от д. Югамаш и 2 км к северо-западу от д. Салихово на отдельно стоящей г. Югамаш, что подтверждается и сведениями, полученными от местного населения. Ввиду отсутствия оборонительных сооружений и наличия вблизи еще 2 городищ, относящихся к тому же периоду, можно предположить, что памятник, скорее всего, выполнял функции убежища, временного поселения или культового объекта. Такие памятники характеризуются небольшими размерами, слабой системой оборонительных сооружений, незначительным культурным слоем или полным его отсутствием, редкими находками обломков керамики и костей животных [1, с. 17]. В ходе проведения археологической разведки в 2014 г. сотрудниками ИЭИ УНЦ РАН на двух

деревьях по обеим сторонам тропы, ведущей к городищу с юго-запада, были зафиксированы повязанные платки, предположительно символизирующие некий вход на сакральную территорию. Среди местного населения распространена легенда о том, что раньше на вершине г. Югамаш в озере жили духи горы, селезень и утка (священная птица в финно-угорской мифологии), которых подстрелил охотник Резван (тюркское имя) и никак не мог сварить, после чего выкинул. Возможно, легенда является олицетворением сюжета о десакрализации тюркским населением финно-угорской святыни. Опрос населения в д. Салихово показал, что население знает легенду о г. Югамаш, но не обладает знаниями о существовании на нем археологического памятника. На сегодняшний день г. Югамаш является одним из мест посещения молодежи ввиду своей примечательности в рельефе и хорошего обзора с вершины, об этом свидетельствуют несколько натоптанных троп, ведущих к вершине горы.

Схожий объект зафиксирован на территории Удмуртской республики – Каргурезь «городищенская гора», расположенная вблизи д. Пислегово, в 7–8 км к северо-северо-востоку от с. Шаркан, которая так же, как и г. Югамаш имеет выпуклую вершину. По свидетельству старожилов, население (удмурты) собирались на г. Каргурезь после Троицы: приносили с собой вино, угощения, молились, играли, веселились, ездили вокруг этой горы на конях. Раньше на вершине горы стояла большая ель, под которой старики проводили моления [1, с.18].

Месягутовское и Таулинское городища – опрос жителей дд. Месягутово и Тау также показал их осведомленность о наличии археологического памятника на г. Калатау, но иных сведений опрошенные нами информанты не предоставили.

Проведенный среди населения опрос, направленный на выявление сакральных мест, связанных с археологическими памятниками, показал, что люди среднего и пожилого возраста довольно равнодушно относятся к судьбе археологических памятников, хотя

знают о них гораздо больше, чем обычно предполагалось археологами. Практически все городища были известны местным жителям, каждый из опрошенных не раз бывал на памятниках, интересовался результатами раскопок, а также хранил память об особенностях данного места. Опросы также свидетельствуют, что некоторые местные жители в юности пытались найти артефакты на городищах. Возможно, знакомство подростков с городищами имело существенное значение для освоения ими «своей» территории. Таким образом, в процессе самоидентификации каждого поколения жителей роль памятников археологии, по-видимому, была достаточно существенна и требует специального изучения [9, с. 254].

Данные о восприятии памятников археологии современным населением весьма отрывочны, опубликованных исследований на эту тему нет. На сегодняшний день городища, содержащиеся в топонимических названиях слова «город» и «гора», географически привязаны и вписаны в историко-культурный ландшафт, они стали топографическими местами памяти и маркерами территорий. При описании местности они часто становятся отправными точками или ориентирами. Туристические, научные и культовые посещения памятников дополнительно концентрируют на них внимание общественности. Благодаря этому, археологические объекты могут играть исключительную роль в оформлении восприятия национальной территории [10, с. 123].

Работа выполнена в рамках проекта РГНФ «Информационная система «Ислам на Южном Урале» № 15-01-12014.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шутова Н.И., Капитонов В.И., Кириллова Л.Е., Останина Т.И. Историко-культурный ландшафт Камско-Вятского региона. Ижевск, 2009. С. 4.
2. Дахин С.Д. Историко-культурный ландшафт как основа комплексного анализа материального культурного наследия поликультурного региона // Теория и практика общественного развития. 2012. № 3. С.187–188.
3. Тузбеков А.И. ГИС в изучении погребально-культовых сооружений мусульман на Южном Урале // Контакты и взаимодействие культур: XI Конгресс антропологов и этнологов России: сб. мат-лов. 2015. С. 240.
4. Юнусова А.Б. Мобилизованный архаизм: новые тенденции в религиозной практике поклонения башкирских мусульман // Известия Уфимского научного центра РАН. 2015. № 3. С. 106–115.
5. Колонских А.Г. Раннесредневековые городища бахмутинской культуры бассейна р. Быстрый Танып: к проблеме сохранения археологических объектов // Этнос. Общество. Цивилизация: Мат-лы Международной научно-практической конференции. 2015. С. 21–23.
6. Археологическая карта Башкирии. М.: Наука, 1976. 267 с.
7. Мажитов Н.А. О древнейшем этнокультурном компоненте в этногенезе башкирского народа // Вестник Башкирского университета. 2012. Т. 17, № 3. С. 1440–1442.
8. Гундерова Н.В., Исмагилов С.Р. Отчет об археологических разведках летом 1975 г. в Янаульском и Чишминском районах БАССР // Научный архив АЛ БГУ. Ф. 1. Д. 16. С. 79.
9. Кренке Н.А. Археологические памятники Подмосковья в контексте культуры XV–XX вв. // Культура средневековой Москвы XIV–XVII вв. М., 1995. С. 254.
10. Михайлов Д.А. Археологические места социальной памяти // Вестник Томского государственного университета. 2015. № 394. С. 123.

References

1. Shutova N.I., Kapitonov V.I., Kirillova L.E., Ostanina T.I. Historical and cultural landscape of the Kama-Vyatka Region. Izhevsk, 2009, p. 4.
2. Dakhin S.D. Historical and cultural landscape as the basis for comprehensive analysis of tangible cultural heritage in the polycultural region. *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya*, 2012, no. 3, pp. 187–188.
3. Tuzbekov A.I. Geographic Information Systems for studying Muslim burial cult structures in the South Urals. *Kontakty i vzaimodeystvie kultur: XI Kongress antropologov i etnologov Rossii: Sbornik materialov*. Ufa, 2015, p. 240.
4. Yunusova A.B. Mobilizing the past: Recent trends in the traditional worship practice of Bashkir Muslims. *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2015, no. 3, pp. 106–115.
5. Kolonskikh A.G. Early Medieval sites of the Bukhutino culture in the Bystryy Tanyp Basin: On the problem of preserving archaeological sites. *Etnos. Obshchestvo. Tsivilizatsiya: Materualy Mezhdunarodnoy*

nauchno-prakticheskoy konferentsii. Ufa, 2015, pp. 21–23.

6. Archaeological map of Bashkiria. Moscow, Nauka, 1976. 267 p.

7. Mazhitov N.A. On the oldest ethno-cultural component in the ethnogenesis of the Bashkir people. Vestnik Bashkirskogo universiteta, 2012, vol. 17, no. 3. С. 1440–1442.

8. Gunderova N.V., Ismagilov S.R. Report on archaeological exploration works during summer 1975

in the Yanaul and Chishmy Districts of Bashkortostan. Nauchnyy arkhiv AL BGU. Fond 1, delo 16, s. 79.

9. Krenke N.A. Archaeological sites of the Moscow Region in the cultural context of the 15th–20th centuries. Kultura srednevekovoy Moskvy XIV–XVII vv. Moscow, 1995, pp. 254.

10. Mikhaylov D.A. Archaeological sites of social memory. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta, 2015, no. 394, p. 123.

KALATAU FORTIFIED SETTLEMENT IN THE CULTURAL LANDSCAPES OF NORTH-WESTERN BASHKORTOSTAN

© **A.I. Tuzbekov, A.G. Kolonskikh**

Kuzeev Institute for Ethnological Studies, Ufa Scientific Centre, RAS,
6, ulitsa K. Marksa, 450077, Ufa, Russian Federation

On the basis of the analysis of fortified settlements dated back to the Early Iron Age and the Middle Ages and associated with the toponym Kalatau (Hillfort), the authors describe the place and role of the Kalatau archaeological site in the natural and cultural (spiritual) environment among the population of north-western Bashkortostan. Using surveys and interviews, they reveal the characteristics of local people's perception and interpretation of archaeological monuments situated in the immediate vicinity to present-day human settlements.

Key words: archaeological site, cultural landscape, Kalatau fortified settlement.