

*Журнал Научное обозрение.
Биологические науки
зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство ПИ № ФС77-57454*

ISSN 2500-3399

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

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

*Подписано в печать 25.12.2018
Дата выхода номера 25.01.2019
Формат 60×90 1/8*

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

**Signed in print 25.12.2018
Release date 25.01.2019
Format 60×90 8.1**

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

*Технический редактор Байгузова Л.М.
Корректор Галенкина Е.С.*

*Тираж 1000 экз.
Распространение по свободной цене
Заказ НО 2018/6*

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

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



М.М. Филиппов (M.M. Philippov)

С 2014 года издание журнала возобновлено
Академией Естествознания

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

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

Редакционная коллегия (**Editorial Board**)

А.Н. Курзанов (**A.N. Kurzanov**)

Н.Ю. Стукова (**N.Yu. Stukova**)

М.Н. Бизенкова (**M.N. Bizenkova**)

Н.Е. Старчикова (**N.E. Starchikova**)

Т.В. Шнуровозова (**T.V. Shnurovozova**)

НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ • БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

SCIENTIFIC REVIEW • BIOLOGICAL SCIENCES

www.science-education.ru

2018 г.



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

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

СОДЕРЖАНИЕ

Биологические науки (03.01.00, 03.02.00, 03.03.00)

ГЕОСИСТЕМЫ ДОЛИНЫ РЕКИ ЛИПОВКИ

Аничкина Н.В. 5

ИЗУЧЕНИЕ МУТАГЕННЫХ СВОЙСТВ СОЕДИНЕНИЙ МОЛИБДЕНА В ЛИМФОЦИТАХ ЧЕЛОВЕКА

Бобылева Л.А. 10

ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ БИОТЫ КРАСНОДАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ДОБЫЧИ ПЕСКА В ГРАНИЦАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЕСКОВ «ПШИШСКОЕ»

Денисенко О.С. 15

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ МЫШЬЯКА В ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ, РЕАЛИЗУЕМЫХ НА ТЕРРИТОРИИ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Степанова И.П., Постнова Т.В., Савин М.Р. 20

ОСОБЕННОСТИ ЭМБРИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ БЕРЕГОВОЙ ЛАСТОЧКИ (*RIPARIA RIPARIA* L.) В КАМСКОМ ПРЕДУРАЛЬЕ (СЕВЕР АРЕАЛА)

Сугрובה Н.Ю. 25

CONTENTS

Biological sciences (03.01.00, 03.02.00, 03.03.00)

GEOSYSTEMS OF THE VALLEY RIVER LIPOVKA	
<i>Anichkina N.V.</i>	5
STUDY OF MUTAGENIC PROPERTIES OF COMPOUNDS OF MOLYBDENUM IN HUMAN LYMPHOCYTES	
<i>Bobyleva L.A.</i>	10
EFFECTS ON THE MAIN COMPONENTS OF THE BIOTA OF KRASNODAR RESERVOIR OF SAND EXTRACTION IN THE LIMITS OF THE CONSTRUCTION SANDS «PSHISHSKY» DEPOSIT	
<i>Denisenko O.S.</i>	15
ENVIRONMENTAL ARSENIC CONTENT IN FOOD SOLD IN OMSK REGION	
<i>Stepanova I.P., Postnova T.V., Savin M.R.</i>	20
PECULIARITIES OF EMBRYONAL DEVELOPMENT OF THE COASTAL SWALL (RIPARIA RIPARIA L.) IN THE KAMA PRE-URAL (NORTH OF AREAL)	
<i>Sugrobova N.Yu.</i>	25

УДК 574.4:551.4.022

ГЕОСИСТЕМЫ ДОЛИНЫ РЕКИ ЛИПОВКИ**Аничкина Н.В.***ФГБОУ ВО «Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского», Липецк, e-mail: nina-viktorowna@mail.ru*

В статье описываются природные геосистемы Каменного лога, изученные во время полевых практик и экспедиций. Города активно трансформируют и изменяют геоморфологию мест, на которых расположены. Глубокой трансформации подвергаются долины малых рек, находящиеся на их территории. Современный город Липецк расположен на обоих берегах реки Воронеж. Но возник город Липецк на берегах правого притока реки Воронеж, Липовки. Липовка, от истока до устья, полностью находится в границах современного города, крупнейшего металлургического центра. Изменения, произошедшие с городскими малыми реками за двадцатое столетие, так велики, что трудно бывает поверить, что всего несколько десятилетий назад эти водотоки выполняли транспортную, энергетическую, оборонную и прочие функции. В условиях всё возрастающей антропогенной нагрузки очень важно научиться вычленять экологически неблагоприятные геосистемы с нарушенной буферной емкостью, в которых подавлены процессы самоочищения и энтропия преобладает над негэнтропией. Это поможет вовремя принять решение о проведении природоохранных мероприятий и поможет сохранить уникальные территории. Особенностью города Липецка является его расположение в пределах сразу двух ландшафтно-оползневых провинций. В статье излагаются результаты полевых исследований малой реки. Река Липовка протекает по уникальному геологическому образованию Каменному логу. Исследования дают основание выделить по морфологическим признакам в урочище долины Липовки пять подурочищ. В статье высказывается предположение, что из-за большого влияния на эту территорию оледенения долина Липовки представляет собой не что иное, как трог, сформированный в результате прохождения языков ледника и разработанный действием постоянных водотоков.

Ключевые слова: надпойменные террасы, река, трог, урочище, геосистемы, полевые исследования**GEOSYSTEMS OF THE VALLEY RIVER LIPOVKA****Anichkina N.V.***Lipetsk State Pedagogical P. Semenov-Tyan-Shansky University, Lipetsk, e-mail: nina-viktorowna@mail.ru*

The article describes the natural geosystems of the Stone Log studied during field practices and expeditions. Cities are actively transforming and changing the geomorphology of the places where they are located. Valleys of small rivers in their territory are undergoing deep transformation. The modern city of Lipetsk is located on both banks of the Voronezh River. But the city of Lipetsk appeared on the banks of the less significant Lipovka River, the right tributary of the Voronezh River. Lipovka, from source to mouth, is completely within the boundaries of the modern city, the largest metallurgical center. The changes that have occurred in small urban rivers over the twentieth century are so great that it is difficult to believe that just a few decades ago, these waterways performed transport, energy, defense and other functions. Under the conditions of increasing anthropogenic load, it is very important to learn how to isolate ecologically unfavorable geosystems with impaired buffer capacity, in which processes of self-purification are suppressed and entropy prevails over negentropy. This will help in time to decide on the implementation of environmental protection measures and help preserve unique areas. A feature of the city of Lipetsk is its location within the two landscape-landslide provinces. The article presents the results of field geomorphological studies of a small river. The Lipovka River flows through a unique geological formation, the Stone Log. Researches give the basis to allocate by morphological signs in the boundary of the valley Lipovka, 5 sub-regions. The article suggests that due to the great influence on this glaciation area, the Lipovka Valley is nothing more than a trough formed as a result of the passage of glacier tongues and developed by the action of permanent watercourses.

Keywords: floodplain terraces, river, trog, tract, geosystems, field research

Города активно трансформируют и изменяют геоморфологию территорий, на которых расположены. Особенно глубокой трансформации подвергаются долины малых рек. Изменения, произошедшие с городскими малыми реками за двадцатое столетие, так велики, что трудно бывает поверить, что всего несколько десятилетий назад эти водотоки выполняли транспортную, энергетическую, оборонную и прочие функции. Поэтому так важно дать геоморфологическую характеристику [1], неотъемлемую часть любого геоэкологического исследования [2, 3].

Цель исследования: оценить современное состояние речной долины, заглянуть

в прошлое и, возможно, понять, как шло образование и развитие реки.

Исходные данные. Современный город Липецк расположен на обоих берегах реки Воронеж. Но возник город Липецк на берегах менее значительной реки Липовки, правого притока реки Воронеж. Исторический центр города, Липецкое городище, находится именно на берегах Липовки. Городище стало ядром расселения, а Липовка – осью, определяющим градостроение до нашего времени. Липовка, от истока до устья, полностью находится в границах современного города, крупнейшего металлургического центра. Особенностью горо-

да является его расположение в пределах сразу двух ландшафтно-оползневых провинций: 1) лесостепной Среднерусской, с пластово-ярусным рельефом на известняковом основании; 2) лесостепной Окско-Донской, с пластово-равнинным рельефом на песчано-глинистом основании. Граница между ними проходит по левобережью р. Воронеж [4]. Река Липовка протекает по уникальному геологическому образованию Каменному логу, где при определенных обстоятельствах создаются благоприятные условия для движения пород вниз по склону, что способствует образованию оползней. Один из оползней, произошедших весной 2011 г., описан нами. Настоящее полевое исследование было посвящено выделению по морфологическим признакам подурочищ в урочище долины реки Липовки.

Результаты исследования и их обсуждение

Нами были разработаны пешие маршруты вдоль по течению реки от истоков к устью (рис. 1).



Рис. 1. Место впадения Липовки
в реку Воронеж

В результате проведенных полевых исследований были выделены следующие подурочища. Первое подурочище включает в себя три притока, которые образуют Липовку. Правый приток расположен в парке 27 микрорайона и имеет меридиональное направление. Центральный находится между шоссе Р-119 (Липецк – Елец) и улицей Московской и имеет направление с юго-запада на северо-восток. Левый приток течет с северо-запада на юго-восток. Местность между притоками напоминает развернутый веер, и ее можно считать водосборной воронкой, рассматривая эту территорию как верховое урочище. Три вышеперечисленных притока сливаются чуть севернее пересечения улиц Каткова и Московской.

Началом второго подурочища можно считать место слияния этих трех притоков с образованием долины реки Липовки. Нижней границей этого подурочища являются следующие два симметричных притока: левый – субмеридиональный и правый – северо-восточный. В месте слияния данных притоков долина претерпевает сильное расширение. Улицу Яна Берзина можно считать нижней границей второго подурочища и одновременно началом третьего.

Третье подурочище самое протяженное. Нижней границей этого подурочища является мост по улице Неделина.

Четвертое подурочище – подурочище скальных склонов. Начинается оно от моста на улице Неделина и протягивается до Комсомольского пруда.

В пятом подурочище долина Липовки сформировала свой профиль на первой надпойменной террасе р. Воронеж. Оно является, по-видимому, самым молодым геоморфологическим элементом, который связан с формированием самой молодой террасы р. Воронеж.

За Комсомольским прудом Липовка течет в новом искусственном русле, вдоль улицы Скороходова (рис. 2). Эта часть реки представляет собой обводной канал Липовских железоделательных заводов, построенных в начале XVIII в.



Рис. 2. Река Липовка в обводном канале

Наибольший интерес представляет четвертое подурочище, которое условно можно разбить на 3 участка, где выходы скальных пород и надпойменные террасы создали тот самый практически горный пейзаж на окраине Среднерусской возвышенности. Первый участок берет начало от моста по улице Неделина и заканчивается у моста на улице Терешковой, от которого, в свою очередь, начинается второй участок. Концом второго и началом третьего участка условно можно считать улицу Большие ключи.

На протяжении трех участков четвертого подурочища русло реки изменяется не только в своих размерах, но и в характере извилистости. На первом участке русло выражено плохо, так как имеет небольшую ширину и глубину (рис. 3). При этом оно прямолинейно.

По направлению ко второму и третьему участкам русло не только становится шире и глубже, но и осложняется меандрами, наиболее крупная из которых входит в третий участок (рис. 4, 5).

Пойменная часть реки так же разнообразна, как и русло. На первом и втором участках пойма представляет собой узкую невыразительную часть долины, практиче-

ски сразу после русла переходящую в первую надпойменную террасу (рис. 3, 4). Отличительной особенностью поймы на третьем участке является ее ширина (рис. 5). Ограниченная с обеих сторон почти отвесными склонами, пойма имеет ширину до 60 м.

Поперечный профиль Липовки на первых двух участках осложнен надпойменными террасами, однако их количество и размеры сильно разнятся (рис. 3, 4).

Так, на первом участке можно выделить лишь одну террасу, имеющую большую ширину. Генезис этой террасы весьма интересен: еще в недавнем прошлом она входила в состав поймы и потому сложена преимущественно аллювием. Второй участок имеет более разнообразное строение. На нем можно выделить две надпойменные террасы. Помимо первой террасы, сложенной аллювием, здесь четко выражен уровень второй надпойменной террасы, где наблюдаются обнажения коренных девонских пород, в некоторых местах перекрытых аллювием (рис. 3, 4). Третий участок отличается от двух первых тем, что террасы на нем не выражены (рис. 5).

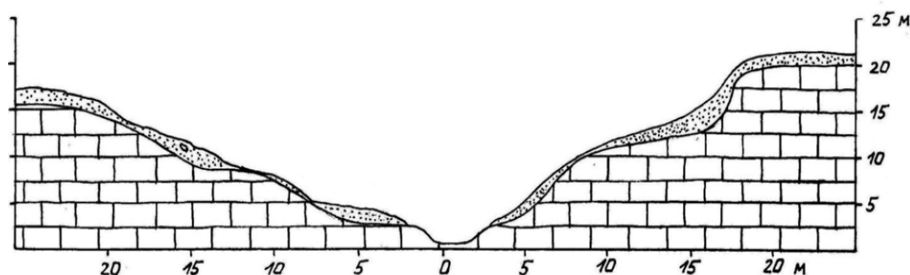


Рис. 3. Поперечный разрез долины реки Липовки (1 участок)

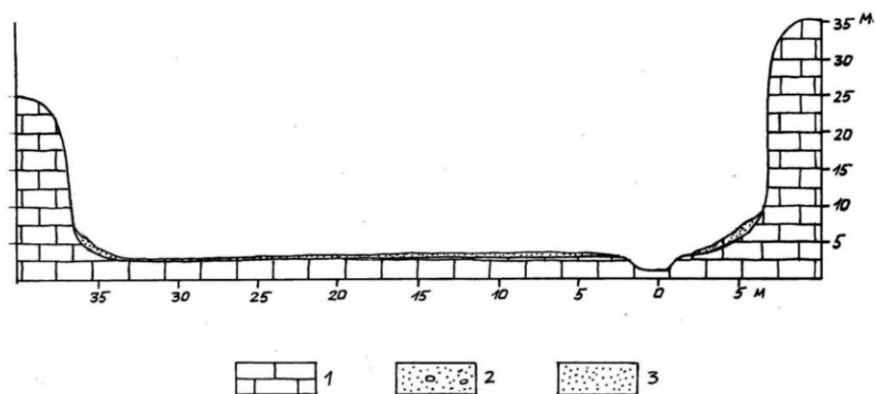


Рис. 4. Поперечный разрез долины реки Липовки (2 участок)

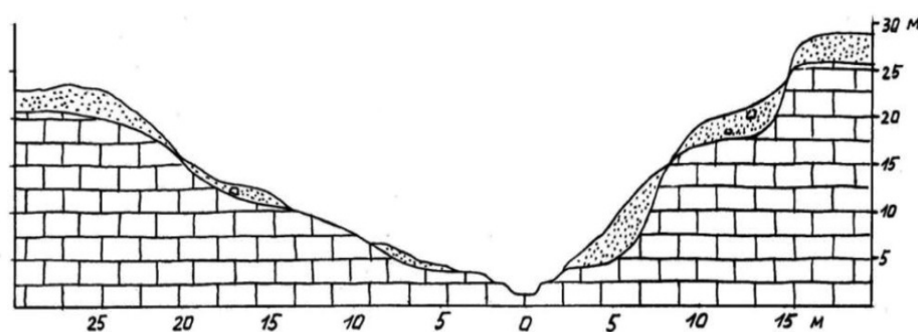
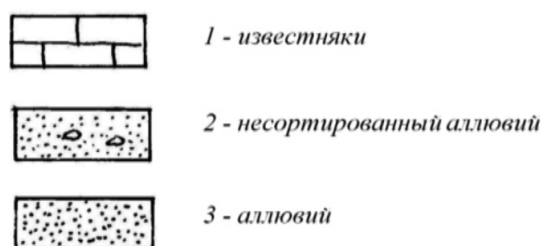


Рис. 5. Поперечный разрез долины реки Липовки (3-й участок)



Условные обозначения

В четвертом подурочище долина Липовки имеет столь внушительные размеры, что можно задаться вопросом: как река, имеющая такие незначительные размеры, смогла сформировать такую долину?

Некоторыми исследователями отмечается, что долина Липовки в этом месте имеет форму каньона. Однако, если сравнить поперечный профиль долины Липовки с классическим примером каньона – долиной реки Колорадо, можно заметить одно очень важное отличие: долина реки Колорадо имеет узкую пойму и высокие склоны (то есть форму «щели»), а в случае с Липовкой мы наблюдаем более широкую пойму и менее высокие склоны («корытообразную» форму). Можно высказать предположение о том, что из-за большого влияния на эту территорию оледенения, долина Липовки представляет собой не что иное, как трог, сформированный в результате прохождения языков ледника и разработанный действием постоянных водотоков.

На первом и втором участках есть образования, происхождение которых до конца не ясно. Одни из них представляют собой воронкообразные провалы, другие – бугры высотой около 1,5 м, сложен-

ные отсортированным аллювием и щебнем и загрязненные гумусовым материалом. Все эти образования могут быть вызваны естественными процессами или же человеческой деятельностью. Не исключено также и совокупное влияние этих факторов на появление провалов и бугров. Любая природная система подвержена энтропии. Показатель противоположный энтропии – негэнтропия. Любое вмешательство в систему снижает её негэнтропию и только благодаря постоянному источнику энергии поддерживается высокая упорядоченность геосистемы. Смена доминант – это форма стабилизации геосистемы, а бесструктурность – уже «патология». Экологически неблагоприятной можно считать геосистему, в которой энтропия преобладает над негэнтропией [5]. Воронкообразные провалы могли образоваться в результате карстовых процессов, что кажется правдоподобным, так как коренные породы представляют собой известняки, которые, как известно, подвержены карстообразованию. Появление бугров объясняется либо результатом склоновых процессов, то есть осыпанием аллювиально-терригенного материала, либо наличием строительного мусора, появившегося не без участия человека.

Выводы

Исследования дают основание выделить по морфологическим признакам в урочище, которым является долина Липовки, 5 подурочищ. Первое подурочище включает в себя три притока, которые образуют Липовку. Началом второго подурочища можно считать место слияния этих трех притоков с образованием долины р. Липовки. Третье подурочище самое протяженное. Четвертое подурочище – подурочище скальных склонов. Пятое подурочище является самым молодым геоморфологическим элементом, который связан с формированием самой молодой террасы р. Воронеж. С эстетической точки зрения наибольший интерес представляет четвертое подурочище, где выходы скальных пород и надпойменные террасы создали практически горный пейзаж на окраине Среднерусской возвышенности. Мы вы-

сказываем предположение, что долина Липовки представляет собой трог, сформированный в результате прохождения языков ледника и разработанный действием постоянных водотоков.

Список литературы

1. Щеглов Д.И., Громовик А.И. Основы геоморфологии: учебное пособие. Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2017. 178 с.
2. Карандеев А.Ю. Оценка геоэкологического состояния урбанизированных территорий с использованием ГИС-технологий: автореф. дис. ... канд. географ. наук [Балт. федер. ун-т им. Иммануила Канта]. Калининград, 2015. 24 с.
3. Пешкова Н.В. Общественный региональный экологический мониторинг природно-антропогенных комплексов (ландшафтов) Липецкой области: геоэкология на практике / Под ред. В.И. Федотова; Липец. обл. отд-ние ВООП. Липецк: Ориус, 2009. 120 с.
4. Окороков В.А., Пешкова Н.В., Козловский С.В. Реки Липецкой области. Липецк: Инфол, 2003. 128 с.
5. Аничкина Н.В. Экосистемы: учебное пособие. Изд. 3-е, доп. и перераб. Липецк: ЛЭГИ, 2011. 84 с.

УДК 575.224.46:612.42

ИЗУЧЕНИЕ МУТАГЕННЫХ СВОЙСТВ СОЕДИНЕНИЙ МОЛИБДЕНА В ЛИМФОЦИТАХ ЧЕЛОВЕКА

Бобылева Л.А.*ФГБОУ ВО «Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова»,
Владикавказ, e-mail: bobial@yandex.ru*

В статье представлены экспериментальные данные по изучению мутагенных свойств соединений молибдена в лимфоцитах человека в условиях производства (*in vivo*) и эксперимента (*in vitro*). В цели исследования входило: 1) изучение спонтанного уровня формирования структурных перестроек хромосом в лимфоцитах рабочих, контактирующих с солями молибдена, в зависимости от стажа работы, для выяснения возможной адаптации человека к действию тяжелых металлов; 2) изучение индивидуальной чувствительности рабочих к воздействию молибдена и его соединений; 3) изучение влияния соединений молибдена на процессы репарации ДНК в лимфоцитах рабочих молибденового цеха. Результаты исследования показали, что в лимфоцитах рабочих молибденового цеха происходило накопление мутационных преобразований, которые регистрировались по критериям формирования хромосомных aberrаций и сестринских хроматидных обменов. Установлено, что в культивируемых лимфоцитах рабочих молибденового цеха с большим стажем ресинтез молибдениндуцируемых разрывов ДНК у большинства обследованных рабочих был значительно подавлен. В процессе контакта с солями молибдена в организме рабочих не развивались адаптационные механизмы, что выражалось в гиперчувствительности ДНК к этим соединениям и снижении репарационной активности.

Ключевые слова: химический мутагенез, мутагенные эффекты соединений молибдена, хромосомные aberrации, сестринские хроматидные обмены

STUDY OF MUTAGENIC PROPERTIES OF COMPOUNDS OF MOLYBDENUM IN HUMAN LYMPHOCYTES

Bobyleva L.A.*North Ossetian State University K.L. Khetagurov», Vladikavkaz, e-mail: bobial@yandex.ru*

The article presents experimental data on the study of the mutagenic properties of molybdenum compounds in human lymphocytes in the conditions of production (*in vivo*) and experiment (*in vitro*). The objectives of the study included: 1) the study of the spontaneous level of formation of structural rearrangements of chromosomes in lymphocytes of workers in contact with molybdenum salts, depending on the mill work to determine the possible adaptation of man to the action of heavy metals; 2) the study of individual sensitivity of workers to the effects of molybdenum and its compounds; 3) to study the effect of molybdenum compounds on the processes of DNA repair in lymphocytes of workers molybdenum plant. The results of the study showed that the accumulation of mutational transformations occurred in the lymphocytes of the molybdenum workshop workers, which were recorded according to the criteria for the formation of chromosomal aberrations and sister chromatid exchanges. It was found that in cultured lymphocytes of workers of molybdenum shop with a long experience of resynthesis of molybdenum induced DNA breaks in most of the examined workers was significantly suppressed. In the process of contact with molybdenum salts in the body of workers did not develop adaptive mechanisms, which was expressed in the DNA hypersensitivity to these compounds and reduction of reparative activity.

Keywords: chemical mutagenesis, mutagenic effects of molybdenum compounds, chromosomal aberrations, sister chromatid exchanges

Важной проблемой современности являются последствия неблагоприятного влияния на здоровье людей промышленного загрязнения, особенно в городах с развитым металлургическим производством. Изучению данной проблемы посвящены разноаспектные исследования зарубежных и отечественных ученых и специалистов [1, 2], разработаны информативные методы экологической токсикологии [3]. Установлено, что из числа опасных загрязнителей среды особое значение имеют тяжелые металлы (кадмий, цинк, свинец и многие другие), обладающие высокими мутагенными свойствами, нарушающими целостность наследственных структур и «разрушающими» механизмы важнейших метаболиче-

ских процессов организма [4–6]. В результате ухудшается качество здоровья людей нынешнего поколения и возрастает угроза нарушений здоровья у будущих поколений.

В контексте сказанного вызывает интерес изучение исследования токсической и мутагенной активности соединений молибдена – одного из типичных загрязнителей производственной среды. Данные многолетних медицинских наблюдений за состоянием здоровья людей, занятых в молибденовом производстве, констатируют токсические явления, классифицирующиеся как молибденозы, которые появляются при избыточных концентрациях молибденовых соединений в атмосфере и почвах. По симптоматике молибденозы напомина-

ют подагру и сопровождаются повышением содержания в крови мочевой кислоты, наблюдаются артрозы, полиартралгии, снижается активность каталазы и количества глобулинов, увеличивается общее содержание глутатиона. У рабочих молибденовых цехов фиксируются гипотонии, лабильность кровяного давления, функциональное нарушение нервной системы, нарушение обменных процессов.

В воздушной среде цехов молибденового производства обнаруживается высокодисперсионная пыль, содержащая молибден в концентрации 9,6–72,3 мг/м³, при этом у рабочих появляются жалобы на частый кашель, сухость в носу, першение в горле, появляются фарингиты, гастриты, сердечно-сосудистая дистония. По своим токсическим характеристикам молибден внесен во 2-й класс опасности химических элементов, содержащихся в выбросах и почвах промышленных предприятий, уступая лишь свинцу, цинку, кадмию, мышьяку и меди. Предельно допустимые концентрации для растворимых соединений молибдена в виде комплекса аэрозолей конденсации 2 мг/м³, в виде пыли – 4 мг/м³, для нерастворимых соединений молибдена – 6 мг/м³, которые по данным справочников о средних концентрациях вредных веществ в воздухе рабочих помещений молибденового цеха могут превышать вдвое [7].

Исследования по оценке мутагенной активности соединений молибдена (Мо, молибденовый огарок, молибденат аммония) были ранее проведены нами в экспериментальных условиях на лабораторных млекопитающих методом метафазного анализа хромосом в клетках костного мозга, результаты которых показали высокую генотоксическую активность исследуемых веществ [8]. Было установлено, что наибольшим мутагенным эффектом обладал молибденат аммония, который вызывал наибольшее поражение наследственного аппарата животных (ХА = 11,77 ± 21,44%, число клеток с ХА = 9,66 ± 1,24%) по сравнению с контрольными данными (ХА = 1,27 ± 0,51%) и данными по действию Мо (ХА = 2,86 ± 0,9%) и молибденового огарка (ХА = 2,09 ± 1,05%).

Приведенные данные свидетельствуют о потенциальной генетической опасности воздействия молибдена и его соединения для людей, занятых в молибденовом производстве, а также обуславливает необходимость поиска средств по снижению и защите генома человека от вредного влияния данного мутагена.

В цели исследования входило:

1) изучение спонтанного уровня формирования структурных перестроек хромосом

в лимфоцитах рабочих, контактирующих с солями молибдена, в зависимости от стажа работы, а также выяснения возможной адаптации человека к действию тяжелых металлов (*in vivo*, *in vitro*);

2) изучение индивидуальной чувствительности рабочих к воздействию молибдена и его соединений;

3) изучение влияния соединений молибдена на процессы репарации ДНК в лимфоцитах рабочих молибденового цеха.

Материалы и методы исследования

1. Анализ хромосомных aberrаций (ХА) лимфоциты периферической крови человека культивировали макрометодом общепринятой методики Moorcheda P.S. et al (1960) [9].

2. Учет сестринских хроматидных обменов (СХО) и скорости прохождения генерации (СНГ) лимфоцитов периферической крови человека (препараты окрашивали по модифицированной ФПГ-технике, предложенной Лазутка, Лежачихин, 1984) [10].

3. Определение выживаемости клеток при индуцированном влиянии исследуемых агентов (подсчет живых (неокрашенных) и мертвых (окрашенных в синий цвет) клеток проводили в камере Горяева).

4. Математическая обработка полученных результатов.

Результаты исследования и их обсуждение

В цитогенетическом обследовании приняли участие две группы рабочих молибденового цеха, имеющих разный стаж работы на данном производстве (первая группа – стаж работы от 0,5 до 1,5 лет; вторая группа – свыше 10 лет). В третью группу входили 10 здоровых доноров, не имеющих контакта с соединениями молибдена и другими мутагенами. Оценка спонтанного уровня формирования структурных перестроек хромосом осуществлялась методами учета ХА и СХО в лимфоцитах крови и изменения скорости прохождения клеточных генераций под действием мутагенов.

По данным цитогенетического анализа, у рабочих первой группы было зарегистрировано статистически достоверное увеличение спонтанного уровня ХА по сравнению с данными контрольной группы, в которой в среднем уровень ХА был равен 2,01 ± 0,38%. При этом у рабочих с малым стажем работы этот уровень был значительно выше и соответствовал 12,41 ± 1,01%.

Выявленный спектр ХА на 62,35% характеризовался хроматидными нарушениями в виде микрофрагментов, простых делеций, хроматидных транслокаций, изо-

локусов с воссоединением. Хромосомные aberrации, которых выявлено 37,95%, были представлены парными фрагментами и хромосомными обменов, причем последних было всего 7% от общего числа aberrации, что дает основание предполагать, что мутаген блокировал процессы образования различного рода обменов. Приведенные данные по спектру ХА свидетельствуют о том, что увеличение их числа у рабочих происходило преимущественно за счет перестроек хроматидного типа, что свидетельствует о действии мутагенов по задержанному типу – в S и G₂ фазах клеточного цикла.

Уровень СХО в лимфоцитах рабочих этой группы также достоверно превышал контрольные данные. Средние данные в данной группе рабочих равнялись 11,9 обм/кл., в контрольной группе – $7,70 \pm 0,23$ обм/кл. При этом формирование СХО в клетках рабочих происходило на фоне значительного снижения скорости прохождения генерации лимфоцитов (в контрольной группе СПГ в среднем соответствовала 1,9; в группе рабочих с малым стажем – 1,3).

Средний уровень ХА в лимфоцитах рабочих второй группы (стаж 10 лет) также достоверно превышал уровень контрольной группы, но имел более низкие значения – $7,90 \pm 1,14\%$. Спектр ХА во второй группе отличался от данных первой группы полным отсутствием как хроматидных, так и хромосомных обменов, что подтверждает высказанное предположение о блокаде процессов образования сложных хромосомных перестроек под действием молибдена и его соединений. Отмечено также изменение соотношения количества aberrаций хроматидного и хромосомного

типа в сторону увеличения первых (aberrации хроматидного типа – 84,49%; aberrации хромосомного типа – 15,59%). Соотношение средних данных по спонтанному уровню СХО в первой и второй группах коррелировало с данными по тесту на ХА, т.е. с увеличением стажа работы снижались показатели СХО. А именно, уровень СХО в лимфоцитах рабочих второй группы был равен $9,10 \pm 0,54$ обм/кл., что достоверно выше, чем в клетках лиц контрольной группы ($7,70 \pm 0,23$ обм/кл.), но ниже уровня СХО в лимфоцитах рабочих первой группы ($11,90 \pm 0,71$ обм/кл.). Формирование СХО и в данном случае происходило на фоне снижения скорости прохождения генерации лимфоцитов до 1,5.

Из приведенных данных следует, что в процессе хронического контакта рабочих с солями молибдена происходила стабилизация спонтанных уровней ХА и СХО в клетках крови. Можно предположить, что это происходило либо за счет некоторой адаптации организма к их действию, либо за счет «отсева» людей с повышенной чувствительностью генотипа к молибдену, сказывающейся на состоянии их здоровья.

В производственных условиях рабочие молибденового цеха кроме солей молибдена подвергаются воздействию целого ряда других вредных факторов, таких как повышенная температура, аммиачные пары, металлическая пыль и других. В связи с этим целью следующего этапа исследований явилось выяснение степени чувствительности ДНК рабочих данного цеха к основному загрязнителю. С этой целью в условиях *in vitro* лимфоциты рабочих в течение 24 ч обрабатывались молибденатом аммония в концентрации 10^{-5} М.

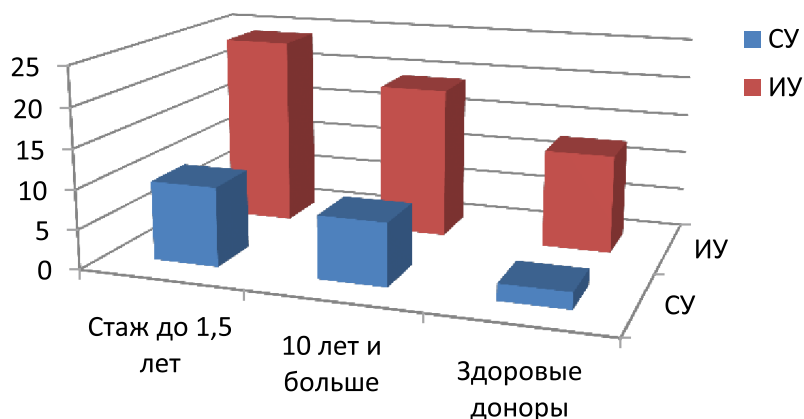


Рис. 1. Спонтанный (СУ) и индуцированный (ИУ) соединениями молибдена уровни хромосомных aberrаций (ХА) в лимфоцитах рабочих молибденового цеха с разным стажем работы на фоне контрольных данных

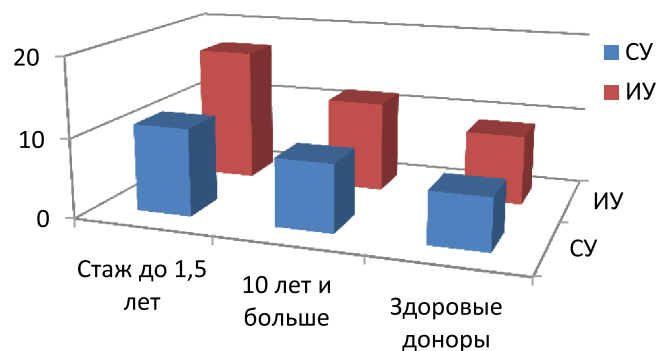


Рис. 2. Спонтанный (СУ) и индуцированный (ИУ) соединениями молибдена уровни сестринских хроматидных aberrаций (СХО) в лимфоцитах рабочих молибденового цеха с разным стажем работы на фоне контрольных данных

На рис. 1 и 2 представлены средние данные по обеим группам проведенного эксперимента, в котором учитывалась частота ХА, число СХО на клетку и изменения показателей СПГ лимфоцитов, обработанных мутагеном. Наибольшее возрастание индуцированного уровня ХА (на 15,29%) наблюдалось в лимфоцитах рабочих первой группы – $27,78 \pm 2,46\%$. В лимфоцитах рабочих второй группы индуцированный уровень ХА был равен $19,12 \pm 2,31\%$, что на 11,22% выше спонтанного. У лиц контрольной группы этот уровень возрос до $9,93 \pm 1,93\%$.

Спектр индуцированных мутагеном aberrаций в лимфоцитах рабочих обеих групп коррелировал со спонтанным уровнем – в обеих группах преобладали структурные нарушения хроматидного типа (до 68%).

По тесту СХО также была обнаружена повышенная чувствительность ДНК рабочих к действию мутагена в условиях *in vitro*. В клетках рабочих первой группы индуцированный уровень СХО равнялся $17,30 \pm 0,91$ обм/кл. (спонтанный уровень – $11,90 \pm 1,04$ обм/кл.), второй группы – $10,50 \pm 1,34$ обм/кл. (спонтанный уровень – $9,10 \pm 1,20$ обм/кл.). В лимфоцитах лиц контрольной группы, при индукции мутагеном число СХО на клетку возросло до $11,20 \pm 0,87$ обм/кл., при спонтанном уровне равно $7,70 \pm 0,23$ обм/кл. Приведенные данные подтвердили повышенную чувствительность к действию основного мутагена (молибдену и его солям) наследственных структур всех обследованных рабочих молибденового цеха независимо от стажа работы.

При изучении индивидуальных показателей чувствительности к действию молибденовых соединений были получены

следующие результаты. Наиболее широкий разброс данных по частоте ХА наблюдался в первой группе (от $4,40 \pm 0,32\%$ до $23,40 \pm 3,12\%$). Во второй группе показатели уровня ХА были более равномерными и колебались в меньших пределах (от $1,70 \pm 0,85\%$ до $12,0 \pm 2,83\%$). Разброс данных по уровню ХА в контрольной группе не выявил достоверных отличий (от $1,48 \pm 0,24\%$ до $3,15 \pm 1,02\%$). Интересным является тот факт, что у лиц с высоким спонтанным уровнем структурных нарушений наследственного аппарата в исследованиях *in vivo* наблюдалось кратное возрастание числа этих нарушений при индуцированном влиянии молибдена аммония на их лимфоциты в условиях *in vitro*. Сходные результаты были получены по показателям СХО и СПГ.

По мнению В.С. Баранова, индивидуальная реакция генома на различные экзогенные (экологические) факторы в значительной мере определяется функциональными особенностями генов метаболизма и генов системы репарации ДНК [11]. Данное утверждение подтверждается результатами нашего исследования, в котором выявлена индивидуальная чувствительность генома рабочих к действию соединений молибдена. Полагаем, что свойство индивидуальной чувствительности генома человека к влиянию разных производственных вредностей, в том числе соединений молибдена, может быть использовано для проведения экспресс-диагностики (методом цитогенетического анализа в условиях *in vitro*) лиц, поступающих на работу во вредное производство, что позволит исключить из штата металлургических предприятий работников с высоким риском неблагоприятных генетических последствий от контакта с названными мутагенами.

Заключение

Проведенные исследования по критериям формирования хромосомных aberrаций и сестринских хроматидных обменов показали, что в лимфоцитах рабочих молибденового цеха происходило накопление мутационных преобразований. Процесс индукции структурных перестроек хромосом может быть связан с возникающими под действием мутагенов нарушениями в работе репарационных механизмов, восстанавливающих спонтанные и индуцированные повреждения ДНК в норме. Показатели устойчивости ДНК к влиянию соединений молибдена или, наоборот, повышенной чувствительности к ним характеризуют состояние ключевых систем клеточного гомеостаза в условиях длительного контакта с мутагеном.

Анализ формирования разрывов ДНК в культивируемых лимфоцитах рабочих молибденового цеха с большим стажем показал, что чувствительность ДНК к соли молибдена была значительно повышена по сравнению с чувствительностью. Ресинтез молибден-индуцированных разрывов ДНК у большинства обследованных рабочих был значительно подавлен. Обследованных рабочих можно разделить на две группы: первая характеризовалась определенной устойчивостью к используемому мутагену; вторая группа характеризовалась повышенной чувствительностью к этим мутагенам. Независимо от чувствительности ДНК к использованным мутагенам в большинстве случаев ресинтез возникающих разрывов ДНК был сниженным. Анализ данных по формированию структурных перестроек хромосом и репарации ДНК позволяет предполагать, что в процессе контакта с солями молибдена в организме рабочих адаптационные механизмы на уровне клеток не развивались.

Подводя итог, важно подчеркнуть, что представленные данные о генотоксических эффектах соединений молибдена в производственных и экспериментальных условиях, свидетельствуют о продолжающемся нарастании антропогенно-

го давления на здоровье людей. В группе повышенного риска, по данным исследований, теперь оказываются не только рабочие вредного производства, но и все население промышленных городов, поскольку такое производство сопровождается загрязнением опасными мутагенами среды жизни людей на значительно больших территориях, чем территории самого производства.

Список литературы

1. Wnuk M., Lewinska A., Bartosz G., Slota E. Oxidant induced decrease of the expression of nucleolar organizer regions in pig lymphocytes can be useful for monitoring the cellular effects of oxidative stress. *Mutation Research*. 2008. № 653 (1–2). P. 124–129.
2. Алборов И.Д., Харебов Г.З., Гасанов С.А., Пономарь Р.В. Влияние отходов цветной металлургии на экологию региона // *Вестник Международной академии наук экологии, безопасности человека и природы (Вестник МАНЭБ)*. 2013. Т. 18. № 4. С. 9–11.
3. Губина Т.И., Рогачева С.М. Основы экологической токсикологии. Саратов: СГТУ, 2012. 108 с.
4. Ringer T.M. C→T transition mutations are not solely UVB-signature mutations, because they are also degenerated by UVA. *The Journal of investigative dermatology*. 2008. № 128 (9). P. 2138–2140.
5. Helbig K., Grosse C., Nies D.H. Cadmium toxicity in glutathione mutants of *Escherichia coli*. *Journal of Bacteriology*. 2008. № 190 (15). P. 5439–5454.
6. Абилов С.К. Полиморфизм генов, как индикатор чувствительности человека факторам окружающей среды // *Материалы объединенного пленума научных советов Минздрава Российской Федерации и РАМН по экологии человека и гигиене окружающей среды и по медико-экологическим проблемам здоровья работающих* / Под ред. Ю.А. Рахманина, Н.Ф. Измерова. М., 2010. С. 22.
7. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды и природных ресурсов Республики Северная Осетия – Алания в 2014 году». Владикавказ, 2014. С. 123–135.
8. Чопикашвили Л.В., Бобылева Л.А., Золотарева Г.Н. Генотоксические эффекты тяжелых металлов и их солей в эксперименте на дрозофиле и млекопитающих // *Цитология и генетика*. 1989. Т. 24. № 3. С. 35–38.
9. Moorhead P.S., Nowell P.C., Mellman W.J. Chromosomes preparations of leucocytes cultured from human peripheral blood. *Exper. Cell. Res.* 1960. Vol. 20. P. 613–616.
10. Лазутка Ю.С., Лежнев Р.К. Методические указания по изучению мутагенов среды. Вильнюс, 1984. 184 с.
11. Баранов В.С. Полиморфизм генов, экогенетические болезни и генетический паспорт // *Экологическая генетика*. 2011. Т. 9. № 3. С. 3–14.

УДК 639.2/.3(470.620)

**ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ БИОТЫ
КРАСНОДАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ДОБЫЧИ ПЕСКА В ГРАНИЦАХ
МЕСТОРОЖДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЕСКОВ «ПШИШСКОЕ»****Денисенко О.С.***ООО «Азово-Черноморский научный центр рыбохозяйственных исследований», Краснодар,
e-mail: rosfishcenter@mail.ru*

В статье приведены результаты расчета вреда водным биологическим ресурсам Краснодарского водохранилища от проведения работ по добыче песка на месторождении «Пшишское» в 2017 г. Приведена краткая гидрологическая, гидробиологическая и рыбохозяйственная характеристика биоты Краснодарского водохранилища в районе проведения работ, детально описаны применяемые при добыче песка технологические решения. По результатам расчета вреда водным биологическим ресурсам выявлены следующие виды негативного воздействия: ухудшение условий нагула рыб, вызываемое гибелью кормовых организмов зообентоса, гибель организмов фито- и зоопланктона, а также ихтиопланктона при заборе воды на образование пульпосмеси, гибель организмов фито- и зоопланктона, а также ихтиопланктона в зоне дополнительной (технологической) мутности, гибель организмов бентоса на общей площади выпадения на дно взвешенных веществ. Рассчитан общий вред, наносимый водным биоресурсам Краснодарского водохранилища при осуществлении добычи песка в натуральном выражении. Проведено имитационное математическое моделирование распространения и седиментации дополнительной мутности с помощью модели ИМРВ «Поток» 1.0. Разработаны различные виды компенсационных мероприятий по восстановлению потерь водных биоресурсов, предложены мероприятия по охране водных биологических ресурсов и среды их обитания.

Ключевые слова: Краснодарское водохранилище, расчет вреда, водные биоресурсы, зообентос, зоопланктон, фитопланктон, ихтиопланктон, имитационное математическое моделирование, компенсационные мероприятия

**EFFECTS ON THE MAIN COMPONENTS OF THE BIOTA
OF KRASNODAR RESERVOIR OF SAND EXTRACTION IN THE LIMITS
OF THE CONSTRUCTION SANDS «PSHISHSKY» DEPOSIT****Denisenko O.S.***Limited liability company «Azov-Black Sea Scientific Center for Fisheries Research», Krasnodar,
e-mail: rosfishcenter@mail.ru*

The article presents the results of the calculation of harm to aquatic biological resources of the Krasnodar reservoir from the work on the extraction of sand at the field «Pshishskoye» in 2017. A brief hydrological, hydrobiological and fishery characteristics of the biota of the Krasnodar reservoir in the area of work are given, the technological solutions used in sand mining are described in detail. According to the results of the calculation of harm to aquatic biological resources, the following types of negative effects were identified: deterioration of fish feeding conditions caused by the death of food organisms of zoobenthos, the death of organisms of phyto- and zooplankton, and ichthyoplankton during water withdrawal for the formation of pulp mixture, the death of organisms of phyto- and zooplankton, and ichthyoplankton in the zone of additional (technological) turbidity, the death of benthic organisms in the total area of deposition to the bottom of suspended solids. The total damage to aquatic bioresources of the Krasnodar reservoir during the implementation of sand extraction in physical terms has been calculated. Simulation mathematical modeling of the distribution and sedimentation of additional turbidity was performed using the flow model IMRV 1.0. Various types of compensation measures have been developed to restore the loss of aquatic biological resources, and measures have been proposed for the protection of aquatic biological resources and their habitats.

Keywords: Krasnodar reservoir, calculation of harm, aquatic bioresources, zoobenthos, zooplankton, phytoplankton, ichthyoplankton, imitational mathematical modeling, compensatory measures

Одним из негативных факторов антропогенного воздействия на окружающую среду является проведение дноуглубительных работ в руслах рек и водохранилищ. Водной экосистеме наносится значительный ущерб, заключающийся не только в полном уничтожении биоценоза участков водоемов, на которых ведутся работы, но и в загрязнении воды и нерестилищ мелкодисперсными взвесями, образующимися при извлечении, перемещении и складировании грунтов. Повышенное содержание взвешенных ча-

стиц в воде приводит к заилению нагульных площадей, нарушает структуру населения речных биоценозов, трофические взаимоотношения, динамику их численности, что в конечном итоге приводит к снижению продукционных возможностей водоема.

Краснодарское водохранилище представляет собой крупнейшее на Северном Кавказе ирригационное сооружение комплексного назначения. Оно расположено на левобережной пойме реки Кубань на территории Республики Адыгея и Краснодарского края.

Площадь его составляет 420 км², общий объем колеблется в пределах 2,0–3,1 км³ в зависимости от уровня сработки. Длина водохранилища около 40 км, а ширина достигает до 15 км. Водоохранилище было наполнено в 1973–1975 гг., восточная часть нового водохранилища включила в себя существовавшее ранее Тшикское водохранилище, отделённое от западной части полузатопленной дамбой.

Краснодарское водохранилище предназначено для защиты от наводнений, регулирование стока р. Кубани в целях обеспечения водой сельхозугодий площадью, обеспечение хозяйственно-питьевого водоснабжения населения Анапского и Темрюкского районов, г. Краснодара, опреснения азовских лиманов, водоснабжения прудовых рыбных хозяйств, улучшения условий судоходства по р. Кубани и р. Протоке.

Площадь зеркала водохранилища при НПУ составляет 382 км², полная емкость (при ФУ) – 2,793 млрд м³. Средняя глубина водохранилища при НПУ – 4,7 м, длина водохранилища – 45,5 км, средняя ширина – 8,2 км. Основные водотоки, впадающие в водохранилище, – реки Кубань, Белая, Лаба, Пшиш, Псекупс.

Месторождение строительных песков «Пшишское» расположено в 2 км юго-восточнее ст. Старокорсунская и в 9 км северо-западнее п. Городской Теучежского района Республики Адыгея, в приустьевой зоне р. Пшиш акватории Краснодарского водохранилища.

В геологическом строении месторождения «Пшишское» принимают участие современные аллювиальные отложения р. Пшиш, залегающие на размытой поверхности отложений плиоцена. Месторождение состоит из двух блоков: нижнего (С2-1) и верхнего (С2-2), расстояние между которыми около 1 км. Блоки месторождения имеют форму многоугольников, вытянутых вдоль русла реки Пшиш. Современные аллювиальные отложения русла р. Пшиш до глубины 20 м представлены песками серыми и коричневыми, в основном мелкими, реже очень мелкими и средними, с редкими включениями гравия и прослойками (до 10–15 см) глины. В контурах месторождения пески залегают с поверхности дна русла р. Пшиш. Глинистые грунты на площади месторождения отсутствуют.

Горный отвод оформлен на всю площадь месторождения – 16,05 га, состоящего из нижнего участка, площадью 8,52 га, и верхнего участка площадью 7,53 га. Геологические запасы песка в контуре участка отработки составляют 158 850 м³, объем извлекаемых запасов – 156 583 м³. Потери

I и II группы при добыче и погрузке 4,7% или 7,513 тыс. м³.

Цель исследования: оценка размера вреда, наносимого водным биологическим ресурсам Краснодарского водохранилища работами по добыче песка на месторождении «Пшишское» в 2017 г., а также разработка компенсационных мероприятий по восстановлению потерь водных биоресурсов и мероприятий по охране водных биологических ресурсов и среды их обитания.

Материалы и методы исследования

В качестве оборудования для добычи песка принят земснаряд проекта Р-109 с максимальной глубиной захвата грунта 19 м.

Производство работ предусматривается траншейным способом. Годовой блок отработки разрабатывается сериями длиной до 150–200 м, серии разбиваются на ряд параллельных траншей шириной до 10 м. Средняя высота добычного уступа составляет 10,00 м. Работы ведутся при средних и малых уровнях воды в водохранилище.

Рабочий угол откоса бортов траншей принят 60°, общее направление разработки от северной границы участка к южной. Технологическая схема добычи песка земснарядом проекта Р-109 состоит в заборе песка грунтовым насосом типа 115 МП 350 – 29,8 и подаче пульпы через статический грохот в сгуститель, где происходит частичное обезвоживание и обогащение путем отмыва мелких частиц, которые по сливному трубопроводу отводятся под корму земснаряда. Для уменьшения распространения мутности воды в водохранилище, выкидной конец сливного трубопровода заглубляется в воду. Снаряд оборудован системой гидрорыхления.

Одновременно с добычей песка производится погрузка песка в транспортные суда. Разработка производится последовательными сериями траншей. По завершению проходки по всей длине траншеи земснаряд переходит вниз к началу новой траншеи. Ширина траншеи контролируется длиной направляющего каната.

Для разгрузки барж и намыва песка в береговую карту применяется гидроперегрузатель ГПР-3 пр. Р-68, смонтированный на понтоне, в трюме которого размещаются водяной и грунтовой насосы. От грунтового насоса в бункер разгружаемой баржи идет всасывающий трубопровод, заканчивающийся специальным заборным наконечником. Насосом подают заборную воду в бункер разгружаемой баржи. Вода, выходящая под напором из насадок на грунтозаборном наконечнике, размывает песок и образует пульпу. Образовавшаяся пульпа засасыва-

ется грунтовым насосом и по напорному трубопроводу направляется на место складирования, в береговую карту намыва.

Методологической базой при расчете вреда водным биологическим ресурсам Краснодарского водохранилища от добычи песка в границах месторождения строительных песков «Пишишское» служит «Методика исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам», утвержденная Федеральным агентством по рыболовству приказом №1166 от 25.11.2011 г. [1].

Математическое моделирование распространения и седиментации дополнительной мутности проведено с помощью имитационной математической модели (программы для ЭВМ) ИМРВ «Поток» 1.0 (сертификат соответствия РОСС RU.04ЖИГ0.00081, свидетельство Федеральной службы по интеллектуальной собственности о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017613750) [2].

Для сбора и обработки гидрологических и гидробиологических проб, а также определения таксономической принадлежности и биомассы организмов фитопланктона, зоопланктона и зообентоса были использованы стандартные методики и общепризнанные определители [3–5].

Результаты исследования и их обсуждение

Краснодарское водохранилище отнесено к водным объектам высшей (особой) рыбохозяйственной категории, то есть к водным объектам рыбохозяйственного значения, которые используются или могут быть использованы для добычи (вылова) особо ценных и ценных видов водных биоресурсов или являются местами их размножения, зимовки, массового нагула, путями миграций, искусственного воспроизводства [6–7].

Видовой состав ихтиофауны Краснодарского водохранилища с учетом проходных и полупроходных рыб насчитывает 79 видов рыб, относящихся к 16 семействам [8–10]. К наиболее массовым видам рыбам в районе производства работ относятся лещ, сазан, серебряный карась, укля, плотва, красноперка, густера, судак, окунь, а также растительноядные виды рыб [11–12].

Кормовые ресурсы Краснодарского водохранилища складываются из типично пресноводных форм растений и животных: макрофитов, фитопланктона, зоопланктона и зообентоса. Широкий диапазон приспособляемости и относительно стабильный уровень их развития на протяжении многих лет существования водохранилища позволяет считать кормовые ресурсы сформированными [13].

Для расчетов использовали следующие показатели развития естественной кормовой базы в месте проведения работ, полученные нами в процессе сбора и обработки гидробиологических проб: средняя биомасса фитопланктона на участке добычи песка – 0,62 г/м³ и на участке перегрузки в карты намыва – 4,6 г/м³; средняя биомасса зоопланктона на участке добычи песка – 0,16 г/м³ и на участке перегрузки в карты намыва – 0,9 г/м³; средняя биомасса бентоса – 2,96 г/м².

Для расчета вреда водным биологическим ресурсам использовались следующие коэффициенты: фитопланктона – $P/B = 200$; $K_2 = 20$; $K_3 = 10$ (рыбами-планктофагами); зоопланктона – $P/B = 20$; $K_2 = 15$; $K_3 = 60$; бентоса – $P/B = 6$; $K_2 = 8$; $K_3 = 50$.

При определении потерь водных биоресурсов отдельно по пищевым цепям «фитопланктон – рыба (или иной вид водных биоресурсов, используемый в целях рыболовства)» (при наличии такой пищевой цепи) и «зоопланктон – рыба (или иной вид водных биоресурсов, используемый в целях рыболовства)» результаты расчетов от потерь фитопланктона и зоопланктона суммируются.

При одновременной гибели на одном и том же участке водного объекта рыбохозяйственного значения (или в одном и том же объеме воды) ихтиопланктона (пелагической икры и личинок рыб на стадии эндогенного питания) и организмов зоопланктона, составляющих кормовую базу рыб, питающихся планктоном (рыб-планктофагов) на более поздних стадиях развития (малька-сеголетка и т.д.), разновидности вреда суммируются.

При проведении работ выявлены следующие виды негативного воздействия на водные биоресурсы Краснодарского водохранилища и размер вреда в натуральном выражении:

- ухудшение условий нагула рыб, вызываемое гибелью кормовых организмов зообентоса на площади добычи песка 15885 м². Размер вреда составил 33,64 кг;

- гибель организмов фито- и зоопланктона при заборе воды на образование пульпы в объеме воды 90 544,5 м³. Размер вреда по фитопланктону составил 2,04 кг, по зоопланктону 40,32 кг;

- гибель организмов ихтиопланктона при заборе воды на образование пульпы в объеме воды 70 554,6 м³. Размер вреда составил 29,59 кг.

- гибель организмов фитопланктона в объеме воды шлейфов дополнительной мутности воды с концентрацией взвеси 20–100 мг/л – 716228,3 м³, 0,25–20 мг/л –

6334749,89 м³. Размер вреда составил 60,85 кг;

– гибель организмов зоопланктона в зоне дополнительной (технологической) мутности в интегральных объемах воды с концентрацией взвеси 20–100 мг/л – 744748,80 м³, 0,25–20 мг/л – 68419154,68 м³. Размер вреда составил 2348,92 кг;

– гибель организмов ихтиопланктона в зоне дополнительной (технологической) мутности в объеме воды с концентрацией взвеси 20–100 мг/л 373752,40 м³. Размер вреда составил 518,5 кг;

– гибель организмов бентоса на общей площади выпадения на дно взвешенных веществ с толщиной осадка 5–10 мм 4188,3 м². Размер вреда составил 1,41 кг.

Общий ущерб, наносимый водным биоресурсам, при осуществлении добычи песка составил в натуральном выражении 3035,27 кг.

Следует отметить, что в направлении компенсации вреда, нанесенного водным биоресурсам и среде их обитания, в Российской Федерации создана нормативно-правовая база и накоплен колоссальный опыт по реализации компенсационных мероприятий.

Компенсационные мероприятия по восстановлению потерь водных биоресурсов наиболее целесообразно проводить путём искусственного воспроизводства и выпуска в водные объекты молоди рыб.

В соответствии с п. 57 [1] проведение восстановительных мероприятий планируется в том водном объекте или рыбохозяйственном бассейне, в котором будет осуществляться намечаемая деятельность и в отношении тех видов водных биоресурсов и среды их обитания (места нереста, зимовки, нагула, пути миграции), которые будут утрачены в результате негативного воздействия такой деятельности.

Промысловые уловы в Краснодарском водохранилище обеспечиваются в основном растительноядные рыбы, промысловые запасы которых полностью зависят от количества молоди, выпускаемой в водохранилище. Нерегулярное и недостаточное зарыбление водохранилища в последние десятилетия привело к уменьшению уловов. В связи с этим актуальна задача повышения рыбопродуктивности водохранилища, в первую очередь, за счет вселения растительноядных видов рыб и сазана. Кроме того, проведение компенсационных мероприятий путем вселения растительноядных рыб имеет дополнительный экологический эффект, обусловленный биологической мелиорацией водоема.

В связи с вышеизложенным, в качестве компенсационного мероприятия предпо-

читительно проведение работ по выращиванию и выпуску молоди следующих видов рыб: растительноядных (белый и пестрый толстолобик, белый амур) и сазана.

На основании проведенных расчетов для получения промыслового возврата в объеме 3035,27 кг необходимо осуществить в качестве компенсационного мероприятия выпуск одного из видов рыб, приведенных ниже:

– сеголеток сазана средней навеской 10 г в количестве 72 964 шт.;

– сеголеток белого толстолобика средней навеской 20–25 г в количестве 26 981 шт.;

– сеголеток пестрого толстолобика средней навеской 20–25 г в количестве 22075 шт.;

– сеголеток белого амура средней навеской 20–25 г в количестве 22 075 шт.

Ограничение на проведение работ в период нереста рыб Краснодарского водохранилища не накладывается, так как в районе добычи песка нерестилища фитофильных, псаммофильных и литофильных видов рыб отсутствуют.

В целях обеспечения охраны окружающей среды, предотвращения вредного влияния горных работ и компенсации негативного воздействия на нее рекомендовано предусмотреть следующие мероприятия:

– для исключения загрязнения водохранилища нефтепродуктами добычное оборудование, транспортный и вспомогательный флот, использующийся на месторождении, должен быть оборудован системами закрытой бункеровки топлива и смазочных материалов;

– на всех плавательных средствах для сбора хозяйственно-бытовых сточных вод, подсланевых, сточных вод и сухого мусора должны быть установлены закрытые опломбированные емкости и специальные контейнеры по сбору сухого мусора;

– сбор отходов с добычного оборудования, транспортного и вспомогательного флота должна производиться самоходной очистительной станцией (емкость цистерны 120 м) с последующей передачей их на специализированный причал в Краснодарский порт).

Список литературы

1. Приказ Федерального агентства по рыболовству от 25.11.2011 г. № 1166 «Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам» // Российская газета. 06 марта 2012 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2012/03/06/vred-bioresursy-site-dok.html> (дата обращения: 21.12.2018).

2. Денисенко О.С., Живчиков В.Г. ИМПВ «Поток» 1.0 – имитационная математическая модель для расчёта распространения и седиментации технологических наносов в водотоках при определении вреда водным биологиче-

ским ресурсам // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) № 05 (129) [Электронный ресурс]. URL: <http://ej.kubagro.ru/2017/05/pdf/46.pdf> (дата обращения: 21.12.2018).

3. Осуществление государственного мониторинга водных биологических ресурсов и среды их обитания в Азово-Кубанском рыбохозяйственном районе: материалы учебно-методической конференции для ФГБУ «Азчеррыбвод». Ростов н/Д.: ФГБНУ «АзНИИРХ», 2015. 48 с.

4. Кутикова Л.А., Старобогатов Я.И. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР: планктон и бентос. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 511 с.

5. Голлербах М.М., Косинская Е.К., Полянский В.И. Определитель пресноводных водорослей СССР. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1951–1986. Т. 1–14. 3600 с.

6. Приказ Федерального агентства по рыболовству от 16.03.2009 № 191 «Об утверждении Перечня особо ценных и ценных видов водных биоресурсов, отнесенных к объектам рыболовства» [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902151641> (дата обращения: 21.12.2018).

7. Приказ Федерального агентства по рыболовству от 17.09.2009 г. № 818 «Об установлении категорий водных объектов рыбохозяйственного значения и особенностей добычи (вылова) водных биологических ресурсов, обитающих в них и отнесенных к объектам рыболовства» [Электронный ресурс]. URL: <http://base.garant.ru/2169700/> (дата обращения: 21.12.2018).

8. Абрамчук А.В., Иваненко А.М. Ихтиофауна бассейна Кубани. Краснодар, 2018. 195 с.

9. Москул Г.А., Пашинова Н.Г. Современная ихтиофауна бассейна реки Кубани // Академику Л.С. Бергу – 140 лет: сборник научных статей. Бендеры, 2016. С. 438–441.

10. Москул Г.А., Абрамчук А.В., Пашинова Н.Г. Перспективы рыбохозяйственного освоения внутренних водоемов Краснодарского края // Водные биоресурсы и аквакультура Юга России: материалы Всероссийской научно-практической конференции, приуроченной к 20-летию открытия в Кубанском государственном университете направления подготовки «Водные биоресурсы и аквакультура». Краснодар, 2018. С. 180–184.

11. Плотников Г.К., Нагалецкий М.В., Сергеева В.В. Биологическое разнообразие пресных вод Северо-Западного Кавказа. Краснодар, 2015. 251 с.

12. Карнаухов Г.И., Денисенко О.С. Перспективы развития сырьевой базы в пресноводных водоемах Юга России // Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона: материалы IX Международной научно-практической конференции. Керчь, 2017. С. 66–69.

13. Карнаухов Г.И., Складов В.Я. Повышение рыбопродуктивности водоемов комплексного назначения Юга России // Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона: материалы VIII Международной конференции. Южный НИИ морского рыбного хозяйства и океанографии (ЮгНИРО). Керчь, 2013. С. 182–185.

УДК 613.2:5:546.19(571.13)

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ МЫШЬЯКА В ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ, РЕАЛИЗУЕМЫХ НА ТЕРРИТОРИИ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Степанова И.П., Постнова Т.В., Савин М.Р.

ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Омск, e-mail: omgma-obschim@mail.ru

Проанализировано семьсот шестьдесят пять образцов пищевых продуктов различных групп, реализуемых на территории Омской области, на содержание мышьяка за период 2016–2018 гг. Исследовано содержание мышьяка в следующих группах продуктов питания: мясо и мясопродукты, молоко и молочные продукты, напитки, сахар и кондитерские изделия, плодоовощная продукция, масличное сырье и жировые продукты, мукомольно-крупяные и хлебобулочные изделия местного производства, а также другие продукты (чай, кофе) импортного производства. Наличие мышьяка выявлено в восьмидесяти случаях, концентрация токсиканта в исследованных образцах не превышает предельно допустимые концентрации (ПДК) по данному contaminantu. Представлены результаты сравнительного анализа содержания мышьяка в продуктах питания как местного, так и импортного производства. Установлены группы продуктов местного производства, наиболее загрязненные мышьяком. Это напитки (не более 12 % от ПДК), молочные продукты (не более 36,5 % от ПДК), мясо птицы (не более 23 % от ПДК) и хлебобулочные изделия (не более 24 % от ПДК), производимые на территории Омской области. В значительных количествах мышьяк обнаруживается также и в продуктах импортного производства, реализуемых на территории Омской области, а именно в чае и кофе (не более 3,9 % от ПДК). Анализ данных лабораторных исследований выявил тенденцию к снижению содержания этого токсиканта в продуктах питания, производимых на территории Омской области. Тем не менее уровень содержания мышьяка, как одного из наиболее приоритетных загрязнителей пищевых продуктов, наряду с другими ксенобиотиками, следует учитывать при оценке риска здоровью населения Омской области.

Ключевые слова: мышьяк, contaminant, ПДК, продукты питания, Омская область

ENVIRONMENTAL ARSENIC CONTENT IN FOOD SOLD IN OMSK REGION

Stepanova I.P., Postnova T.V., Savin M.R.

Omsk State Medical University, Ministry of Public Health, Omsk, e-mail: omgma-obschim@mail.ru

765 samples of various food groups sold in Omsk region was analyzed for the arsenic content in 2016–2018. The arsenic content was studied in the following food groups: meat and meat products, milk and dairy products, beverages, sugar and confectionery, fruits and vegetables, oilseeds and fat products, flour and cereals and bakery products of local production, as well as the imported products, such as tea and coffee. Arsenic was detected in 80 cases; its concentration in the examined samples did not exceed MPC for this contaminant. The results of the comparative analysis of arsenic content in food stuff, both local and imported, have been presented. Groups of locally manufactured food products mostly contaminated with arsenic have been established. These are beverages (no more than 12 % of MPC), dairy products (no more than 36.5 % of MAC), poultry meat (no more than 23 % of MAC) and bakery products (no more than 24 % of MAC) produced in Omsk area. Arsenic in significant quantities was also found in imported products sold in Omsk region, namely, in tea and coffee (not more than 3.9 % of MAC). Analysis of laboratory data revealed a lowering tendency in arsenic content in food manufactured in Omsk region. However, the level of arsenic ratio, as one of the top food pollutants, along with the other xenobiotics, should be considered in assessment of the risk for public health in Omsk region.

Keywords: arsenic, contaminant, MPC, food, Omsk region

Омск и Омская область относятся к региону с высокой экологической напряженностью, связанной с загрязнением окружающей среды. Одним из опаснейших загрязнителей является мышьяк, который поступает в организм человека не только путем вдыхания или поглощения кожей, но и путем проникновения по пищевым цепям и легко абсорбируется из желудочно-кишечного тракта и легких [1]. Большие концентрации осаждаются в печени, почках, легких и коже [2]. В Омской области регистрируется превышение ПДК по мышьяку в почве не только в силу антропогенного воздействия на окружающую среду, но и из-за геологических особенностей региона [3]. Поэтому мониторинг содержания этого

contaminanta в различных объектах, в том числе и в продуктах питания, крайне актуален для оценки риска здоровью населения Омского региона.

Цель исследования: провести мониторинг данных лабораторных исследований за 2016–2018 гг. на содержание мышьяка, как одного из элементов, способных оказывать токсическое действие на различные системы организма человека, в пищевых продуктах, реализуемых на территории Омской области.

Материалы и методы исследования

В 2016–2018 гг. при осуществлении надзора за качеством и безопасностью продовольственного сырья и пищевых продуктов

на соответствие критериям безопасности было исследовано восемь групп традиционных продуктов из потребительской корзины жителей Омска и Омской области. Проанализировано 765 проб пищевых продуктов в аккредитованной лаборатории г. Омска. Проведен анализ содержания мышьяка в следующих группах продуктов питания: мясо и мясопродукты, молоко и молочные продукты, напитки, сахар и кондитерские изделия, плодоовощная продукция, масличное сырье и жировые продукты, зерно, мукомольно-крупяные и хлебобулочные изделия местного производства, а также другие продукты (чай, кофе) импортного производства. Количественное определение мышьяка в продуктах питания проводилось методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторе мышьяка Пан-As (ООО «НПП Томьаналит»).

Результаты исследования и их обсуждение

По результатам исследования установлено, что одним из контаминантов продуктов питания, реализуемых на территории Омска и Омской области, является мышьяк (таблица), в то же время в отдельных группах (сахар и кондитерские изделия, плодоовощная продукция, масличное сырье и жировые продукты) данный токсикант не выявляется.

Ни в одной группе исследованных продуктов не было выявлено превышение ПДК по этому элементу. Распространенность загрязненности пищевых продуктов по содержанию мышьяка составила 10,5% от числа проб, исследованных по данному показателю. В наибольшей степени выявлено накопление мышьяка в напитках – 3,0%, молоке и молочных продуктах – 1,8%, мясе и мясопродуктах – 1,2% и чае и кофе импортного производства – 2,5%. Среднее содержание мышьяка в исследованных группах продуктов представлено на рис. 1–5.

Анализ данных лабораторных исследований выявил тенденцию к снижению содержания этого токсиканта в продуктах питания, производимых на территории Омской области, в то время как в чае и кофе импортного производства содержание мышьяка осталось на том же уровне. Особенно следует подчеркнуть отсутствие содержания мышьяка проб в группе мясо и мясопродукты в 2018 г.

Имеются данные о мониторинге содержания мышьяка (мг/кг) в продуктах питания, потребляемых населением Омской области за 1996–2004 гг.: мясо и мясопродукты – 0,0266; молоко и молочные продукты – 0,0518; зерно, мукомольно-крупяные, хлебобулочные изделия – 0,0528; сахар и кондитерские изделия – 0,0522; плодоовощная продукция – 0,0723; масличное сырье и жировая продукция – 0,0053 [4]. При сопоставлении данных проведенного исследования с данными литературы установлено, что содержание мышьяка изменилось разнонаправленно в зависимости от группы продуктов. Так, в группе молоко и молочные продукты среднее значение контаминанта за 2016 г. превышает данные литературы примерно в 1,5 раза, в 2017–2018 гг., напротив, уровень мышьяка снизился в 10 и 2 раза соответственно по сравнению с данными предыдущих исследований. В группе мясо и мясопродукты за 2016–2017 гг. концентрация мышьяка сопоставима с данными литературы, а в 2018 г. объектов, содержащих мышьяк, не выявлено. В группе зерно, мукомольно-крупяные, хлебобулочные изделия содержание данного токсиканта значительно ниже данных литературы. В отличие от данных литературы в объектах следующих групп: сахар и кондитерские изделия, плодоовощная продукция, масличное сырье и жировая продукция – мышьяк не выявляется.

Содержание мышьяка (мг/кг) в продуктах питания, реализуемых на территории Омска и Омской области в 2016–2018 гг.

Группы продуктов	Диапазон содержания мышьяка, мг/кг		
	2016	2017	2018
Напитки	0,0002–0,074 n = 8	0,0006–0,014 n = 12	0,0008–0,013 n = 3
Молоко и молочные продукты	0,026–0,16 n = 7	0,0024–0,0092 n = 3	0,012–0,039 n = 4
Мясо и мясопродукты	0,003–0,036 n = 8	0,023 n = 1	n = 0
Зерно, мукомольно-крупяные и хлебобулочные изделия	0,002–0,070 n = 2	0,0007 n = 1	0,0035 n = 1
Чай, кофе	0,009–0,087 n = 5	0,002–0,066 n = 8	0,0036–0,074 n = 6

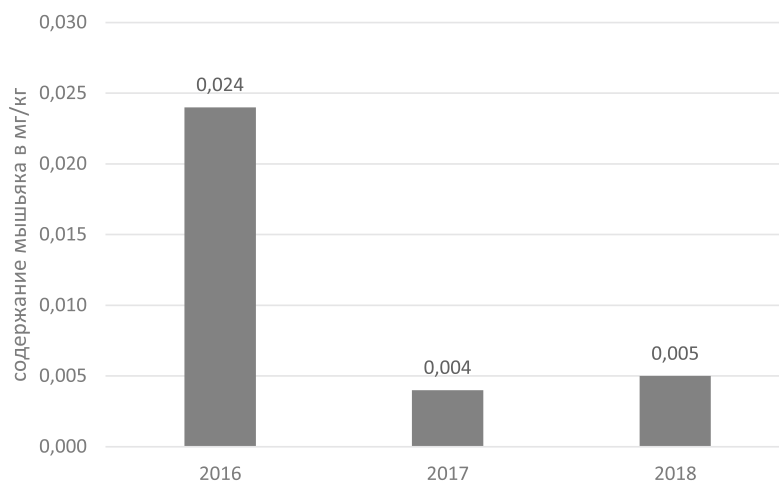


Рис. 1. Среднее содержание мышьяка в напитках

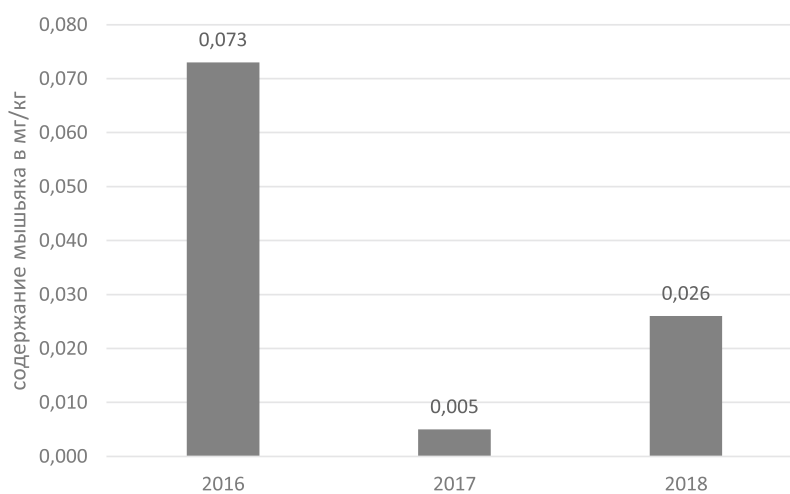


Рис. 2. Среднее содержание мышьяка в молоке и молочных продуктах

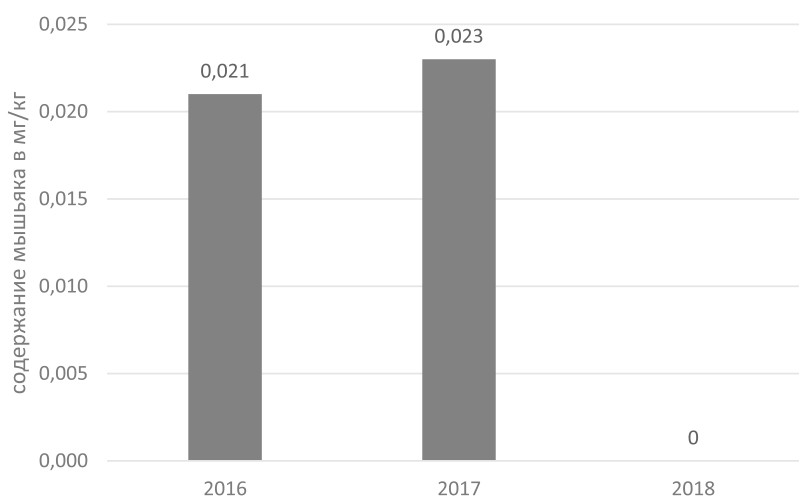


Рис. 3. Среднее содержание мышьяка в мясе и мясопродуктах

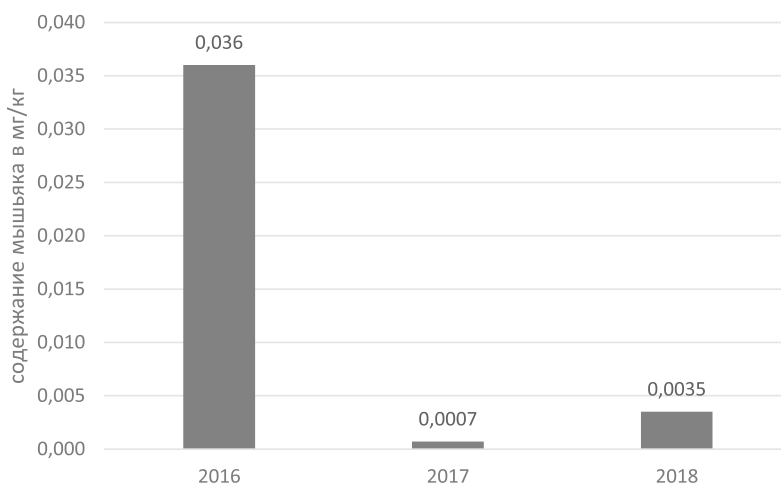


Рис. 4. Среднее содержание мышьяка в зерне, мукомольно-крупяных и хлебобулочных изделиях

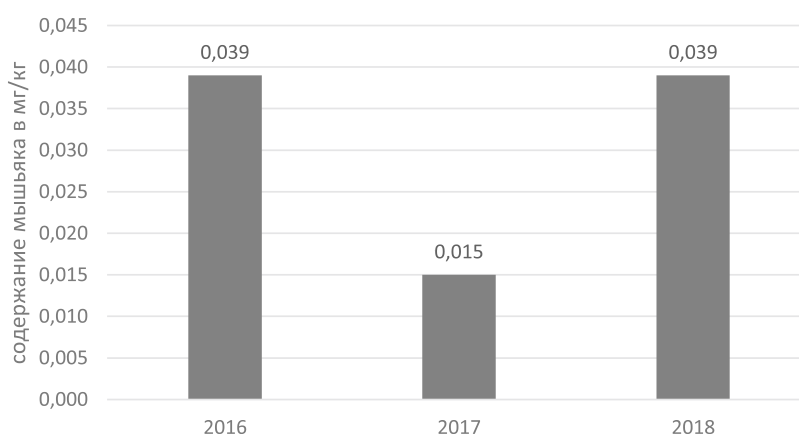


Рис. 5. Среднее содержание мышьяка в чае и кофе

Несмотря на содержание мышьяка в исследуемых группах продуктов питания в пределах рекомендованного уровня, тем не менее мониторинг содержания этого элемента необходимо осуществлять на должном уровне, так как Омск крупный промышленный комплекс. Отмечено, что индустриализация чрезмерно изменила распределение мышьяка в окружающей среде посредством естественной и антропогенной деятельности [5]. Общее фоновое содержание данного элемента в почвах г. Омска составляет 10 мг/кг, тогда как предельно допустимая концентрация мышьяка составляет 2 мг/кг, причем в жилой зоне, детских учреждениях концентрация содержания этого токсичного элемента превышает даже общее фоновое значение [3].

Мышьяк является условно эссенциальным, иммунотоксичным ядом для челове-

ческого организма. В организм человека мышьяк попадает преимущественно с пищевыми продуктами и водой, зачастую в избыточном количестве. Мышьяк относится к элементам, обладающим кумулятивным эффектом. Неорганические соединения этого токсиканта легко абсорбируются из желудочно-кишечного тракта и осаждаются прежде всего в печени, почках, легких [2]. Накопление мышьяка в тканях и органах косвенно оценивают по его содержанию в волосах и ногтях [5], что является более информативным по сравнению с определением этого токсиканта в физиологических жидкостях организма, подверженных гомеостатическому регулированию. Мышьяк обнаруживается в почечных камнях разного минерального состава у пациентов г. Омска и Омской области, в то время как в желчных, зубных и слюнных камнях наличие этого

элемента не выявлено [6]. Данные литературы о содержании мышьяка в волосах и ногтях жителей Омского региона отсутствуют.

Длительное поступление мышьяка в организм человека даже в дозах, не превышающих ПДК, оказывает токсическое воздействие на гормональную, иммунную, сердечно-сосудистую, нервную системы, а также кожу. Описаны обусловленные мышьяком митохондриальные повреждения, изменение репликации и ингибирования ДНК, изменение метилирования ДНК, окислительный стресс, нарушение пролиферации клеток, совместный канцерогенез и мотивирование опухолей [7]. Одним из механизмов токсичности мышьяка является взаимодействие с тиольными группами (-SH), особенно с ферментами или кофакторами, которые обладают двумя тиолами (например, дигидролипидная кислота), что приводит к изменению активности различных ферментов, включая те, которые связаны с дыханием ткани [5]. Имеются данные об индуцировании мышьяком микро-РНК, формирующей злокачественные трансформации [8].

Опасность воздействия загрязнителей на здоровье человека обусловлена также большим разнообразием различных токсикантов. Проживающее в промышленных районах население подвергается воздействию сотен тысяч химических веществ, некоторые ксенобиотики могут присутствовать в достаточно больших концентрациях, зачастую превышающих ПДК. Многие загрязнители обладают кумулятивным действием, кроме того при совместном действии различных токсикантов усиливается их негативное воздействие [9]. Поэтому для оценки риска здоровью населения Омской области от воздействия мышьяка необходим дальнейший анализ содержания этого загрязнителя в почве, воде и продуктах питания. Необходимо разработка комплекса мер по снижению этого ксенобиотика в окружающей среде.

Выводы

Анализ результатов исследования загрязненных мышьяком продуктов питания, реализуемых на территории Омской области, как местного, так и импортного производства, показал, что мышьяк – один из распространенных загрязнителей этих объектов. Наиболее загрязнены мышьяком напитки (не более 12 % от ПДК), молоко и молочные продукты (не более 36,5 % от ПДК), мясо и мясопродукты (не более 23 % от ПДК) зерно, мукомольно-крупяные и хлебобулочные изделия (не более 24 % от ПДК), производимые на территории Омской области. В значительных количествах

мышьяк обнаруживается также и в продуктах импортного производства, реализуемых на территории Омской области, а именно в чае и кофе (не более 3,9 % от ПДК). Тем не менее ни в одной группе продуктов не выявлено превышение ПДК по этому показателю. Отмечена тенденция к снижению уровня этого загрязнителя во всех группах продуктов питания омских производителей, в отличие от содержания мышьяка в чае и кофе импортного производства. Особенно следует подчеркнуть отсутствие содержащих мышьяк проб в группе мясо и мясопродукты в 2018 г. В таких группах продуктов, как сахар и кондитерские изделия, плодоовощная продукция, масличное сырье и жировые продукты, данный загрязнитель не выявляется.

Для оценки риска здоровью населения Омской области от токсического воздействия мышьяка на организм человека и разработке комплекса по снижению его концентрации в окружающей среде необходимо проводить дальнейший мониторинг учета его содержания в различных объектах Омска и Омской области, в том числе в продуктах питания, производимых на территории Омской области.

Список литературы

1. Bhattacharyya K., Bhattacharyya S. Arsenic contamination through food-chain: Source, impact and management. Directorate of Research Bidhan Chandra Krishi Viswavidyalaya Kalyani, Nadia. West Bengal 2016 [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/311774305_Arsenic_contamination_through_food-chainSource_impact_and_management_An_overview_of_research_highlights_in_India_and_abroad (дата обращения: 17.11.2018).
2. Margaret R. Karagas, Tor D. Tosteson, Joel Blum, J. Steven Morris, John A. Baron and Bjoern Klaue. Design of an Epidemiologic Study of Drinking Water Arsenic Exposure and Skin and Bladder Cancer Risk in a U.S. Population. Environmental Health Perspectives. Supplement 4. August 1998. Vol. 106. P. 1047–1050.
3. Трошина Е.Н. Методология организации мониторинга отдельных факторов окружающей среды на основе оценки риска для здоровья населения Омска. М.: «ГЭОТАР – Медиа», 2010. 168 с.
4. Турчанинов Д.В., Турчанинова М.С., Брусенцова А.В., Резанова Н.В. Влияние химического состава продуктов питания на здоровье населения Омской области // Экология человека. 2015. № 5. С. 3–7.
5. Obinaju, Blessing Ebele. Mechanisms of arsenic toxicity and carcinogenesis. African Journal of Biochemistry Research. May 2009. Vol. 3 (5). P. 232–237.
6. Голованова О.А. Современные проблемы элементозов в условиях Западной Сибири. Омск: «Вариант-Омск», 2010. 169 с.
7. Andrea Borghini, Francesca Faita, Antonella Mercuri, Fabrizio Minichilli, Elisa Bustaffa, Fabrizio Bianchi, Maria Grazia Andreassi. Arsenic exposure, genetic susceptibility and leukocyte telomere length in an Italian young adult population. Original Manuscript Advance Access publication. 15 April 2016. P. 539–546.
8. Ana P. Ferragut Cardoso, Laila Al-Eryani, Christopher States J. Arsenic-Induced Carcinogenesis: The Impact of miRNA Dysregulation. Advance Access Publication Date. May 28. 2018. P. 284–290.
9. Пастушкова Е.В. Анализ связи возникновения окислительного стресса с экологической обстановкой на примере Свердловской области // Научное обозрение. Биологические науки. 2016. № 6. С. 53–59.

УДК 574.24

ОСОБЕННОСТИ ЭМБРИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ БЕРЕГОВОЙ ЛАСТОЧКИ (*RIPARIA RIPARIA* L.) В КАМСКОМ ПРЕДУРАЛЬЕ (СЕВЕР АРЕАЛА)

Сугрובה Н.Ю.*Пермский государственный национальный исследовательский университет, Соликамск,
e-mail: nsugrobova68@mail.ru*

В статье рассмотрены особенности эмбрионального развития береговой ласточки, гнездящейся на севере ареала в пределах Камского Предуралья. Одной из важных адаптаций в эмбриогенезе береговых ласточек является насиживание кладки с первого отложенного яйца, которое предотвращает элиминацию зародышей. В период яйцекладки плотность насиживания постепенно увеличивается. Параллельно яйцекладке у самок береговых ласточек происходит формирование наседного пятна от первой до третьей стадии, что усиливает теплоотдачу от тела самки к снесенным яйцам. В кладках возникает разновозрастность зародышей. Эмбрионы развиваются гетерохронно. Зародыши из первых яиц развиваются в замедленном темпе, из последних – в максимальном темпе. В период собственно насиживания происходит дальнейшее увеличение плотности насиживания, наседное пятно достигает 5-й стадии развития, нарастает внутригнездовая температура. До третьих суток инкубации (со времени снесения последнего яйца) величина разновозрастности между эмбрионами из первых и последних яиц составляет 9–11 стадий, далее с 4-х по 12-е сутки собственно насиживания разница между крайними вариантами не превышает 3–5 стадий. Следствием уменьшения величины разновозрастности в кладках береговых ласточек к концу эмбрионального развития является дружное вылупление птенцов. Разница в темпе эмбрионального развития зародышей из первых и последних яиц кладки несколько сглаживается в конце эмбриогенеза за счет проявления компенсаторного роста и создает условия для более дружного вылупления птенцов, лучшего выживания их в постнатальном онтогенезе.

Ключевые слова: береговая ласточка, наседное пятно, плотность насиживания, эмбриональное развитие, темп развития, гетерохронность, север ареала, Камское Предуралье

PECULIARITIES OF EMBRYONAL DEVELOPMENT OF THE COASTAL SWALLOW (*RIPARIA RIPARIA* L.) IN THE KAMA PRE-URAL (NORTH OF AREAL)

Sugrobova N.Yu.*Perm State National Research University, Solikamsk, e-mail: nsugrobova68@mail.ru*

The article deals with the features of embryonic development of the coastal swallow nesting in the North of the area within the Kama Urals. One of the important adaptations in the embryogenesis of coastal swallows is the incubation of the clutch from the first laid egg, which prevents the elimination of embryos. During the egg-laying period, the incubation density gradually increases. In parallel to the egg laying in females of coastal swallows, the formation of a sedentary spot from the first to the third stage occurs, which increases the heat transfer from the female body to the demolted eggs. In clutches there is a different age of embryos. Embryos develop heterochronically. Embryos from the first eggs develop at a slow pace, from the latter-at the maximum rate. In the period of incubation itself, there is a further increase in the incubation density, the nascent spot reaches the 5th stage of development, the intraocular temperature increases. Until the third day of incubation (since the last egg was laid), the difference in age between embryos from the first and last eggs is 9–11 stages, then from the 4th to the 12th day of incubation the difference between the extreme variants does not exceed 3–5 stages. The consequence of the decrease in the value of different ages in the clutches of coastal swallows by the end of embryonic development is the friendly hatching of Chicks. The difference in the rate of embryonic development of embryos from the first and last eggs of the clutch is somewhat smoothed at the end of embryogenesis due to the manifestation of compensatory growth and creates conditions for more friendly hatching of Chicks, their better survival in postnatal ontogenesis.

Keywords: coastal swallow, settled spot, hatching density, embryonic development, rate of development, heterochrony, north of range, the Kama Foreurals

Проблемы размножения и раннего онтогенеза птиц в современной орнитологии остаются одними из актуальных. В публикациях, касающихся изучения биологии и экологии береговых ласточек, наиболее слабо исследован ранний онтогенез. Последние работы касаются в основном территориального размещения и численности колоний [1, 2]. В вышедших работах, посвященных экологии раннего онтогенеза диких птиц, материалы по ласточкам ограничены [3, 4]. Отсутствуют детальные исследо-

вания по темпу эмбрионального развития в период откладки яиц и на дальнейших этапах насиживания, о его вариабельности, величине разновозрастности, нет экспериментальных доказательств возможностей нормального развития зародышей при широком размахе уровней среднесуточных температур. Фрагментарными являются исследования, посвященные особенностям эмбриогенеза птенцовых, полуптенцовых и полувыводковых птиц, гнездящихся на границах ареалов [5].

Целью наших исследований было изучение особенностей эмбрионального развития береговой ласточки, размножающейся на севере ареала (Камское Предуралье).

Материалы и методы исследования

Материал собран в Соликамском районе (59,5° с.ш.) Пермского края в 2012 г. Темп яйцекладки у береговых ласточек изучали с помощью датированных кладок. Яйца, отложенные птицами в порядке снесения, метились быстросохнущей краской. Таким образом были получены датированные кладки. Анализ кладок проводили с учетом временного ранга яиц. Сутки инкубации отсчитывали со времени снесения последнего яйца. Этот метод позволил получить новые данные по темпу эмбрионального развития в период откладки яиц, о его вариабельности, величине разновозрастности зародышей на ранних этапах развития.

Сбор материала производили с периодичностью в 1–2 суток. Зародышей 1–12 стадий развития фиксировали в 10%-ном растворе формалина с добавлением ледяной уксусной кислоты, затем окрашивали спиртовым борным кармином и заключали в глицерин-желатин. Стадии развития зародышей определяли по шкале, разработанной для воробьинообразных птиц.

При анализе степени развития эмбрионов первых – третьих суток инкубации учитывали величину первичной полоски, сегментацию осевой мезодермы, состояния головного мозга. Для сравнения величины разновозрастности в кладках, имеющих разное количество яиц, рассчитывали индекс разновозрастности как отношение раз-

ницы между крайними вариантами эмбрионов к числу яиц в кладке.

Результаты исследования и их обсуждение

В период размножения для ласточковых птиц характерен комплекс поведенческих реакций, связанных с заботой о потомстве: выбор места и постройка гнездового укрытия, охрана гнезда и кладки, регуляция факторов инкубации, выкармливание птенцов и ряд других. Важной адаптацией в раннем онтогенезе береговых ласточек является насиживание кладки с первого отложенного яйца, предотвращающее элиминацию зародышей.

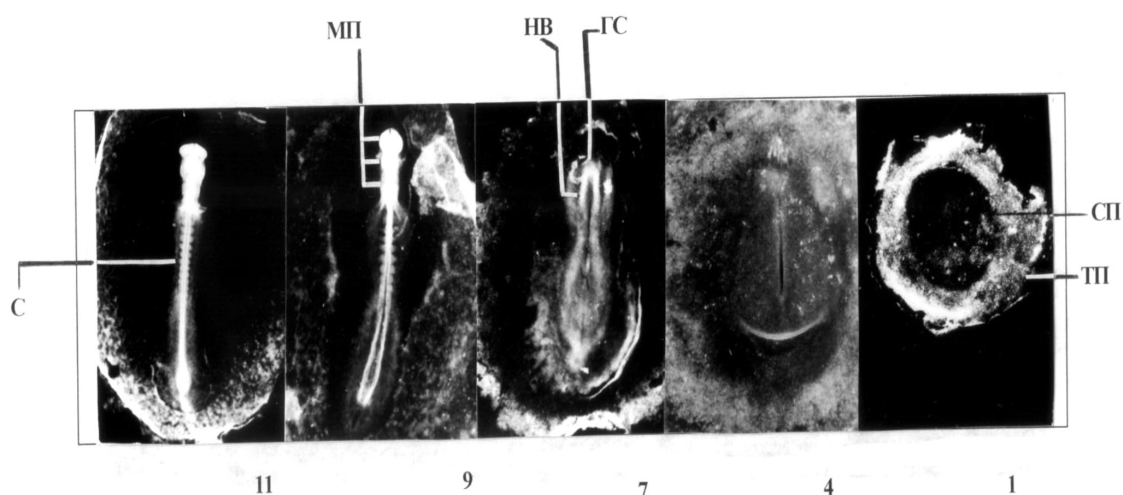
Береговые ласточки относятся к группе птиц, насиживающих прерывисто, когда происходит постепенное увеличение плотности насиживания по мере накопления яиц в гнезде. Так же, в процессе яйцекладки у самок береговых ласточек последовательно осуществляется смена стадий (от первой до третьей) в развитии наседного пятна. Глубокие структурные изменения, происходящие в подкожной соединительной ткани, способствуют возрастанию теплоотдачи от тела самки к снесенным яйцам.

Таким образом, подогрев яиц во время периодических посещений семейными партнерами гнезда в ходе яйцекладки, формирование наседного пятна и постепенное увеличение плотности насиживания приводят к возникновению разновозрастности зародышей. Доказательством возникновения разновозрастности служат тотальные препараты зародышей из 0–1-суточных кладок (табл. 1, рисунок).

Таблица 1

Величина и индекс разновозрастности зародышей в 0- и 1-суточных кладках береговой ласточки

Вид	Время завершения кладки, сутки	Номер яйца стадия развития					Величина разновозрастности		Индекс разновозрастности
		1	2	3	4	5	в стадиях	в часах	
Береговая ласточка	0	11	9	7	4	1	10	40–60	2,0
	0	10	8	5	1		9	36–54	2,25
	1	14	13	11	8	3	11	44–66	2,2
	1	14	13	13	10	3	11	44–66	2,2
	1	12	10	7	3		9	36–54	2,3
	1	13	10	10	3		10	40–60	2,5



*Разновозрастность зародышей береговой ласточки в 0-суточной полной кладке:
ТП – темное поле, СП – светлое поле бластодермы, ГС – головная складка,
НВ – нервные валики, МП – мозговые пузыри, С – сомиты; 11, 9, 7, 4, 1, – стадии развития*

В 0-суточной пятыйцевой кладке береговой ласточки (рисунок) первый эмбрион находился на 11-й стадии развития, его длина была равна 8,2 мм. Величина сосудистого поля составляла 102,0 мм². Видно, что первый мозговой пузырь у зародыша сжат в передне-заднем направлении. Сомитов 10 пар. Второй эмбрион соответствовал 9-й стадии развития. Его длина была равной 6,2 мм, величина сосудистого поля 63,6 мм². Сомитов 7 пар. В головном отделе сформированы три первичных мозговых пузыря. Нервные валики в области сомитов сближены, в каудальном конце отстояли друг от друга на значительном расстоянии. Третий зародыш был на 7-й стадии. У него заметно начало сегментации осевой мезодермы, хорошо выделялись две пары сомитов. Длина зародыша равнялась 5,4 мм, величина сосудистого поля – 5,2 мм². Четвертый эмбрион находился на 4-й стадии. Длина его составляла 3 мм. Светлое поле имело грушевидную форму. Было заметно образование на первичной полоске первичной бороздки. Последний зародыш был на первой стадии развития.

В односуточной кладке береговой ласточки, состоящей из пяти яиц, первый эмбрион находился на 14-й стадии. Длина зародыша составляла 10 мм, величина сосудистого поля – 132,6 мм², в котором хорошо были видны формирующиеся кровяные островки. Количество сомитов – 18 пар, 7 из них прикрывал амнион. Угол между передним и задним мозгом был чуть больше прямого. Второй эмбрион несколько отставал

в развитии от первого и находился на 13-й стадии. Количество сомитов – 16 пар, амнион прикрывал головную часть и 4 пары сомитов. Угол между передним и задним мозгом был тупым. Появились шейный и туловищный изгибы. Заметен поворот головы зародыша на левый бок, поэтому левый глазной бокал не виден. Менее сформирована и сосудистая система желточного мешка. Длина зародыша была равной 10 мм, величина сосудистого поля – 113,0 мм². Третий эмбрион соответствовал 11-й стадии, его длина – 8,5 мм, величина сосудистого поля – 113,0 мм². Сомитов 10 пар. Четвертый эмбрион находился на 8-й стадии развития. Длина его составляла 5,0 мм, величина сосудистого поля – 46,5 мм². Сомитов 4 пары. Нервные складки сближены в области среднего и заднего мозга. Отчетливо видны границы сосудистого поля желточного мешка, в нем появились кровяные островки. Пятый, последний эмбрион кладки находился на 3-й стадии. Диаметр светлого поля был равен 4 мм, темного – 8 мм. Хорошо видна первичная полоска. Разновозрастность зародышей составила 11 стадий или 44–66 ч (1,8–2,8 суток). В других пятыйцевых кладках величина разновозрастности колебалась от 10 до 11 стадий, в четырехйцевых от 9 до 10, то есть от 36 до 60 ч (1,5–2,5 суток). Индекс разновозрастности варьировал от 2,0 до 2,5 единицы.

Таким образом, у береговых ласточек в завершенных кладках, состоящих из пяти яиц, величина разновозрастности эмбри-

онов варьировала от 10 до 11 стадий, в четырехъяйцевых кладках колебалась от 9 до 10 стадий. По времени данный показатель составил от 36 до 66 ч, или от 1,5 до 2,8 суток в разных кладках. Величина индекса разновозрастности варьировала от 2,0 до 2,5 единицы. Разное время пребывания семейных партнеров на гнезде является показателем индивидуальной изменчивости процессов насиживания у каждой гнездящейся пары. Большая вариативность в начальный период насиживания у пар береговушек связана, очевидно, с прерывистой инкубацией яиц во время яйцекладки.

Дальнейший анализ таблицы показывает, что чем раньше было отложено яйцо, тем более развитым был в нем зародыш. Более близкими по степени развития являются эмбрионы из первых-третьих яиц (отличие в 1–2 стадии). Различия в развитии между последними и предпоследними эмбрионами достигали 3–4 стадий, в одном случае даже 7. Следует отметить, что в разных кладках различия между эмбрионами с учетом временного ранга неодинаковы и колеблются в пределах 1–7 стадий, чаще 1–4. Это еще раз подтверждает индивидуальный характер насиживания в разных кладках.

Наши исследования по изучению темпа эмбриогенеза береговых ласточек свидетельствуют о том, что начиная со времени яйцекладки зародыши развиваются гетерохронно. Так, в односуточных кладках из пяти яиц первые эмбрионы достигли 12–14-й стадии, а яйца находились в гнездах уже 6 суток и при максимальном темпе эмбрионального развития, под которым понимают развитие в последнем или предпоследнем яйце, они могли бы достичь 25–26-й стадии. Вторые и третьи эмбрионы так же были развиты меньше ожидаемого. Следовательно, зародыши из первых яиц развиваются в замедленном темпе. Зародыши из четвертых, пятых яиц развиваются в максимальном темпе, и поэтому видна прямая зависимость между временем с момента откладки и сроком инкубации. Разный темп развития эмбрионов можно объяснить поведением самки на гнезде в период яйцекладки и степенью сформированности у нее наседного пятна. В начальный период яйцекладки плотность насиживания низкая, а наседное пятно характеризуется первой стадией развития. К завершению откладки яиц плотность насиживания у береговушек приближена к максимальной, а развитие наседного пятна достигает третьей стадии. Таким образом, яйца, отложенные последними, попадают под воздействие более высоких температур и эмбрионы в них развиваются с оптимальной скоростью.

В период собственно насиживания происходит дальнейшее увеличение плотности насиживания, наседное пятно проходит в своем развитии от 3-й до 5-й стадии, нарастает внутригнездовая температура. Поэтому разновозрастность зародышей, возникшая у береговых ласточек в период откладки яиц, сохраняется и в период собственно насиживания.

Так, в пятаяйцевой кладке береговой ласточки, взятой на анализ через трое суток инкубации (со времени снесения последнего яйца) первый эмбрион по степени развития соответствовал 21-й стадии, второй – 18-й стадии, третий – 14-й стадии, четвертый – 13-й, а пятый – на 12-й стадии развития. Величина разновозрастности составила 9 стадий.

На четвертые сутки собственно насиживания первый зародыш из трехъяйцевой кладки находился на 24-й стадии, второй зародыш на 22-й стадии, а третий 19-й стадии развития. Разница между первым и третьим эмбрионами была равной 5 стадиям.

На пятые сутки инкубации зародыши из трехъяйцевой кладки соответствовали 27-й, 25-й и 23-ей стадиям развития. Величина разновозрастности составила 4 стадии.

На шестые сутки инкубации самый старший зародыш соответствовал 31-й стадии в развитии, второй – 29-й стадии, третий эмбрион был на 28-й стадии, четвертый эмбрион находился на 26-й стадии. Величина разновозрастности между крайними вариантами составила 5 стадий.

На седьмые сутки инкубации в четырехъяйцевой кладке первый эмбрион находился на 32-й стадии развития, второй на 31-й стадии, третий – на 29-й стадии, четвертый – на 28-й стадии. Таким образом, последний зародыш отставал в развитии от первого на 4 стадии.

После девяти суток инкубации зародыши из трехъяйцевой кладки были соответственно на 36-й, 35-й, 33-ей стадиях. Разновозрастность между первым и третьим эмбрионами равнялась трем стадиям.

На 10-е сутки собственно насиживания первый эмбрион в кладке из четырех яиц находился на 37-й стадии развития, второй зародыш был на 36-й стадии, третий – на 35-й. Четвертый соответствовал 34-й стадии. Разница между крайними вариантами в кладке составила 3 стадии.

На 12 сутки собственно насиживания в кладке из четырех яиц первый эмбрион находился на 42-й стадии, второй на 39-й стадии, а третий и четвертый эмбрионы соответствовали 38-й стадии. Разновозрастность между первым и четвертым эмбрионами равнялась четырем стадиям.

Таблица 2

Величина и индекс разновозрастности эмбрионов в кладках береговой ласточки при естественной инкубации

Показатели	Сутки инкубации										
	1	3	4	5	6	7	9	10	12	13	14
Стадия развития зародыша											
из первого яйца	14	21	24	27	31	32	36	37	40	42	птенец
из последнего яйца	3	12	19	23	26	28	33	34	38	40	43
Величина разновозрастности в стадиях	11	9	5	4	5	4	3	3	3	2	
Индекс разновозрастности	2,2	1,8	1,7	1,3	1,25	1,0	1,0	0,75	0,75	0,6	
Количество яиц в кладке	5	5	3	3	4	4	3	4	4	3	

В 13-суточной трехъяйцевой кладке первый эмбрион находился на 42-й стадии. Второй зародыш был на 41-й стадии. Третий зародыш соответствовал 40-й стадии. Разница между крайними вариантами в кладке составила 2 стадии.

На 14-е сутки после завершения кладки в некоторых гнездах началось вылупление птенцов. Птенцы береговых ласточек появлялись на свет в редком эмбриональном пуху, развитом на следующих птерилиях: головной (по 3–5 перьевых зачатков над каждым глазом длиной 6–7 мм), затылочной (6 зачатков длиной 6–7 мм), плечевой (по 2–5 зачатков длиной 7,5–8,5 мм), спинной (по 4–5 зачатков длиной 7,5–10,5 мм). Эмбриональный пух распушался спустя 2–3 ч после вылупления птенца из яйца. Длина крыла варьировала от 10 до 11 мм. Цевка имела длину 4 мм, третий палец ноги – 4 мм. Длина клюва от угла рта до его кончика была равна 3,5–6,0 мм от ноздри до кончика 1,0–1,2 мм. Цвет клюва – белый. Количество щитков на цевке равнялось 5, на третьем пальце ноги – 10. Форма когтей – крючкообразная. Масса вылупившихся птенцов в среднем составила $1,1 \pm 0,08$ г ($n = 8$, $\lim = 1,0–1,2$ г), то есть 79–82% от массы свежеснесенного яйца. Порядок вылупления птенцов соответствовал порядку откладки яиц. Растянutosть вылупления птенцов в отдельных кладках колебалась от 20 до 24 ч.

Величина и индекс разновозрастности эмбрионов в кладках береговых ласточек представлены в табл. 2.

Из табл. 2 следует, что до третьих суток инкубации (со времени снесения последнего яйца) величина разновозрастности составляет 9–11 стадий, далее с 4-х по 12-е сутки собственно насиживания разница между крайними вариантами не превышает 3–5 стадий. Величина индекса разновозрастности, начиная с первых суток инку-

бации, постепенно уменьшалась с 2,2 до 0,6 единицы.

Следствием уменьшения величины разновозрастности в кладках береговых ласточек к концу эмбрионального развития является дружное вылупление птенцов: по времени за меньший срок, чем можно было бы ожидать на основании величины разновозрастности эмбрионов при завершении откладки яиц.

Разница в темпе эмбрионального развития зародышей из первых и последних яиц кладки несколько сглаживается в конце эмбриогенеза за счет проявления компенсаторного роста и создает условия для более дружного вылупления птенцов и лучшего выживания в постнатальном онтогенезе.

Выводы

Для береговых ласточек, гнездящихся на севере ареала, характерно постепенное увеличение плотности насиживания, результатом которого является гетерохронность развития эмбрионов. Величина разновозрастности зародышей подвержена значительным колебаниям и по времени может составлять от 1,0 до 2,5 суток, что свидетельствует о широкой индивидуальной изменчивости процессов насиживания каждой пары. Темп развития эмбрионов к концу яйцекладки в пределах одной отдельно взятой кладки неодинаков, он является замедленным для зародышей из яиц низших временных рангов, что связано с поведением наседки (семейных партнеров) на гнезде и структурными изменениями, происходящими в развитии наседного пятна. В период собственно насиживания яйца, отложенные последними, попадают в более высокие температурные условия и зародыши в них развиваются с оптимальной скоростью. Разный темп развития эмбрионов из яиц высшего и низшего временных рангов обеспечивает не только сохранение

жизнеспособности в период яйцекладки, но и приводит к меньшей растянутости вылупления птенцов (в сравнении с ожидаемой), а значит, и большей вероятности их выживания в постнатальном онтогенезе.

Список литературы

1. Нумеров А.Д., Труфанова Е.И., Климов А.С. Многолетняя динамика численности и экология береговой ласточки *Riparia Riparia* реки Усмань (Воронежская область) // Русский орнитологический журнал. 2014. Т. 23. № 992. С. 1249–1255.
2. Грязнова (Евтихова) А.Н., Савченко А.П. Особенности распространения береговой (*Riparia Riparia Linnaeus* 1758) и бледной береговой (*Riparia Dilutasharpe* et Wyatt 1893) ласточек (*Passeriformes, Hirundinea*) в области симпатрии на юге центральной Сибири // Зоологический журнал. 2017. Т. 96. № 3. С. 312–319.
3. Микляева М.А., Родимцев А.С., Скрылева Л.Ф., Матвеев А.В. Особенности эмбрионального развития сизого голубя (*Columba Livia* GM.) как представителя полуптенцовой эколого-физиологической группы птиц // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2013. Т. 18. № 3. С. 803–808.
4. Лошакова А.А. Ритмичность откладки яиц у колониальных видов птиц и ее влияние на эмбриональное развитие // Вестник Челябинского государственного университета. 2014. № 3. С. 303–309.
5. Чугайнова Л.В. Скорость роста и развития озерной чайки (*larus ridibundus* L.) в раннем онтогенезе. Научное обозрение. Биологические науки. 2018. № 1. С. 35–39.