



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского»

ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Новая серия



Научный журнал
2019 Том 19

ISSN 1819-7663 (Print)
ISSN 2542-1921 (Online)

Издается с 2006 года

Серия Науки о Земле, выпуск 1

Продолжение «Известий Императорского Николаевского Университета» 1910–1918, «Ученых записок СГУ» 1923–1962,
«Известий Саратовского университета. Новая серия» 2001–2004

СОДЕРЖАНИЕ

Научный отдел

География

Блануца В. И.

Перспективы экономико-географических исследований в области
искусственного интеллекта

4

Макаров В. З., Гусев В. А., Волков Ю. В., Затонский В. А., Неврюев А. М.

Бенз(а)пирен в атмосфере городов Саратовской области

12

Преображенский Ю. В., Молочко А. В.

Оценка развития междугороднего автобусного сообщения
в Саратовской области

18

Пряхина С. И., Ормели Е. И.

Районирование Саратовской области по условиям формирования
белковости яровой пшеницы

24

Скрыльник Г. П., Сорокин П. С.

Взаимодействия природных факторов и процессов в организации
геосистем и устойчивое их развитие

30

Червяков М. Ю., Спирихина А. А.

Мониторинг событий Эль-Ниньо (Ла-Нинья) в Тихом океане
по данным спутниковых радиометров ИКОР-М

35

Червяков М. Ю., Шаркова С. А.

Изменчивость характеристик тропопавузы в Арктике
по данным радиозондирования атмосферы

42

Геология

Первушов Е. М.

Состав и структура семейства *Ventriculitidae* (Porifera, Hexactinellida)

49

Решетников М. В., Маджид Д. С. М.,

Шкодин С. Д., Юдин Н. Б.

Органическое вещество в почвах города Вольска (Саратовская область)

63

Журнал включен в Перечень рецензи-
руемых научных изданий, в которых
должны быть опубликованы основные
научные результаты диссертаций
на соискание ученой степени кан-
дидата наук, на соискание ученой
степени доктора наук (специальности:
25.00.01; 25.00.02; 25.00.10; 25.00.23;
25.00.24; 25.00.30; 25.00.35; 25.00.36)

Зарегистрировано в Федеральной
службе по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массо-
вых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ
№ ФС77-56167 от 15 ноября 2013 года

Индекс издания в объединенном
каталоге «Пресса России» 36010, раз-
дел 30 «Научно-технические изда-
ния. Известия РАН. Известия вузов».
Журнал выходит 4 раза в год

Директор издательства

Бучко Ирина Юрьевна

Редактор

Малютина Елена Анатольевна

Художник

Соколов Дмитрий Валерьевич

Редактор-стилист

Кочкаева Инна Анатольевна

Верстка

Степанова Наталия Ивановна

Технический редактор

Каргин Игорь Анатольевич

Корректор

Крылова Елена Борисовна

Адрес учредителя, издателя и издательства:

410012, Саратов, ул. Астраханская, 83

Тел.: (845-2) 51-45-49, 52-26-89

E-mail: izvestiya@info.sgu.ru

Подписано в печать 28.02.19.

Формат 60x84 1/8.

Усл. печ. л. 7,91 (8,5).

Тираж 500 экз. Заказ 23-Т.

Отпечатано в типографии
Саратовского университета.

Адрес типографии:

410012, Саратов, Б. Казачья, 112А

© Саратовский университет, 2019



ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Журнал «Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле» принимает к публикации на русском языке общетеоретические, методические, дискуссионные, критические статьи, результаты исследований в области наук о Земле, краткие сообщения и рецензии, а также хронику и информацию.

Объем публикуемой статьи не должен превышать 16 страниц, 5 рисунков и 4 таблиц.

Статья должна быть аккуратно оформлена и тщательно отредактирована.

Последовательность предоставления материала:

– на русском языке: индекс УДК, название статьи, инициалы и фамилии авторов, сведения об авторах (ученая степень, должность и место работы, e-mail), аннотация, ключевые слова, текст статьи, благодарности, ссылки на гранты, библиографический список;

– на английском языке: название статьи, инициалы и фамилии авторов, место работы (вуз, почтовый адрес), e-mail, аннотация, ключевые слова.

Отдельным файлом приводятся сведения о статье: раздел журнала, УДК, авторы и название статьи (на русском и английском языках); сведения об авторах: фамилия, имя и отчество (полностью), e-mail, телефон (для ответственного за переписку обязательно указать сотовый или домашний). Если название статьи слишком длинное, то для колонтитула следует привести его краткий вариант.

Иллюстрации и таблицы должны быть представлены отдельным файлом в формате jpg, tiff, cdr, bmp, разрешением не меньше 300 dpi. Рисунки должны быть представлены в черно-белом виде.

Все материалы предоставляются как в бумажном, так и электронном виде.

Требования к аннотации и библиографическому списку:

– аннотация должна отражать основную суть публикации; оптимальный объем 500–600 знаков;

– в библиографическом списке должны быть указаны только процитированные в статье работы; ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Более подробная информация о правилах оформления статей, образцы оформления различных источников приведены вместе со стилевым файлом по адресу: www.geo.sgu.ru.

Датой поступления статьи считается дата поступления ее окончательного варианта. Возвращенная на доработку статья должна быть прислана в редакцию не позднее чем через три месяца. Возвращение статьи на доработку не означает, что статья будет опубликована, после переработки она вновь будет рецензироваться.

Материалы, отклоненные редколлегией, не возвращаются.

Адреса для переписки с редколлегией серии: farik26@yandex.ru; 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83, географический факультет, ответственному секретарю журнала «Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле».

CONTENTS

Scientific Part

Geography

Blanutsa V. I.

Prospects of Economic-Geographical Research in the Field of Artificial Intelligence 4

Makarov V. Z., Gusev V. A., Volkov Yu. V., Zatonky V. A., Nevryuev A. M.

Benzopyrene in the Atmosphere of Saratov Region Cities 12

Preobrazhenskiy Yu. V., Molochko A. V.

The Assessment of the Development of Intercity Bus Service in the Saratov Region 18

Pryakhina S. I., Ormeli E. I.

Zoning of the Saratov Region According to Formation of Protein in Spring Wheat 24

Skrylnik G. P., Sorokin P. S.

Interaction of Natural Factors and Processes in the Organization of Geosystems and their Sustainable Development 30

Chervikov M. Yu., Spiryakhina A. A.

Monitoring El Nino (La Nina) Events in the Pacific Ocean According to the Satellite Radiometers IKOR-M 35

Chervikov M. Yu., Sharkova S. A.

Variability of Tropopause Characteristics in the Arctic According to the Data of Atmosphere Radiosounding 42

Geology

Pervushov E. M.

Composition and Structure of the Ventriculitidae (Porifera, Hexactinellida) Family 49

Reshetnikov M. V., Majeed D. S. M.,

Shkodin S. D., Iudin N. B.

Organic Matter in the Soils of the City of Volsk (Saratov Region) 63



**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА
«ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. НОВАЯ СЕРИЯ.
СЕРИЯ: НАУКИ О ЗЕМЛЕ»**

Главный редактор

Макаров Владимир Зиновьевич, доктор геогр. наук, профессор (Саратов, Россия)

Заместитель главного редактора

Первушов Евгений Михайлович, доктор геол.-минерал. наук, профессор (Саратов, Россия)

Ответственный секретарь

Молочко Анна Вячеславовна, кандидат геогр. наук (Саратов, Россия)

Члены редакционной коллегии:

Валашик Иренеуш, действительный член Польской академии наук, профессор факультета Геологии Варшавского университета (Варшава, Польша)

Гужиков Андрей Юрьевич, доктор геол.-минерал. наук, профессор кафедры общей геологии и полезных ископаемых Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского (Саратов, Россия)

Диденко Алексей Николаевич, доктор геол.-минерал. наук, член-корреспондент РАН, директор ФГБУН Институт тектоники и геофизики имени Ю. А. Косыгина ДВО РАН (Хабаровск, Россия)

Коробов Александр Дмитриевич, доктор геол.-минерал. наук, профессор, заведующий кафедрой геологии и геохимии горючих ископаемых Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского (Саратов, Россия)

Семенов Юрий Михайлович, доктор геогр. наук, профессор, главный научный сотрудник Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН (Иркутск, Россия)

Хоецян Ашот Владимирович, доктор геогр. наук, профессор, заведующий кафедрой географии и методики ее преподавания Армянского государственного педагогического университета имени Х. Абовяна (Ереван, Армения)

Шурыгин Борис Николаевич, доктор геол.-минерал. наук, член-корреспондент РАН, заведующий лабораторией палеонтологии и стратиграфии мезозоя и кайнозоя Института нефтегазовой геологии и геофизики имени А. А. Трофимука СО РАН (Новосибирск, Россия)

**EDITORIAL BOARD OF THE JOURNAL
«IZVESTIYA OF SARATOV UNIVERSITY. NEW SERIES.
SERIES: EARTH SCIENCES»**

Editor-in-Chief – Vladimir Z. Makarov (Saratov, Russia)

Deputy Editor-in-Chief – Evgeniy M. Pervushov (Saratov, Russia)

Executive Secretary – Anna V. Molochko (Saratov, Russia)

Members of the Editorial Board:

Ireneusz P. Walaszczyk (Warsaw, Poland)

Andrey Yu. Guzhikov (Saratov, Russia)

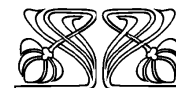
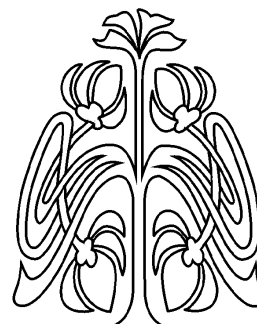
Aleksey N. Didenko (Khabarovsk, Russia)

Aleksandr D. Korobov (Saratov, Russia)

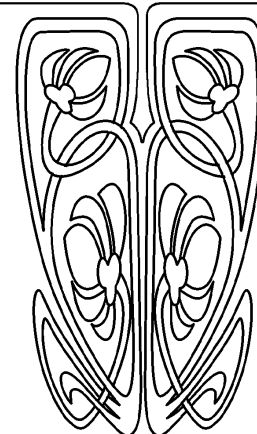
Yuriy M. Semenov (Irkutsk, Russia)

Ashot V. Khoetsyan (Erevan, Armenia)

Boris N. Shurygin (Novosibirsk, Russia)



**РЕДАКЦИОННАЯ
КОЛЛЕГИЯ**





ГЕОГРАФИЯ

УДК 911.3

Перспективы экономико-географических исследований в области искусственного интеллекта

В. И. Блануца

Блануца Виктор Иванович, доктор географических наук, ведущий научный сотрудник, Институт географии имени В. Б. Сочавы Сибирского отделения РАН, Иркутск, blanutsa@list.ru

Искусственный интеллект, интенсивные работы по которому ведутся с середины 1950-х гг., подразумевает способность машины (робота) воспроизводить логическое мышление человека. Предпринята первая в мире попытка наметить перспективные направления взаимопроникновения идей и методов между разработками в области искусственного интеллекта и экономико-географическими исследованиями. Рассмотрены три формы взаимопроникновения: географические исследования для искусственного интеллекта, экономико-географическое познание с помощью такого интеллекта и общественно-географическая оценка последствий распространения искусственного интеллекта. Установлено, что наибольшие перспективы связаны с созданием экспертных систем, так как существующее экономико-географическое знание не переведено на язык, понятный машине. Приведены примеры такого перевода с помощью правил «если..., то...». Отмечены перспективы создания экономико-географических интеллектуальных программных агентов, определения пределов роста «умных» городских агломераций и использования технологии «блокчейн» для проведения районирования.

Ключевые слова: социально-экономическая география, искусственный интеллект, экспертная система, правило «если..., то...», интеллектуальный агент, «блокчейн», районирование, сеть электросвязи, задержка сигнала, «умная» городская агломерация.

Prospects of Economic-Geographical Research in the Field of Artificial Intelligence

V. I. Blanutsa

Victor I. Blanutsa, <https://orcid.org/0000-0003-3958-216X>, Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, 1 Ulan-Batorskaya Str., Irkutsk 664033, Russia, blanutsa@list.ru

Artificial intelligence, intensive work on which is conducted since the mid-1950s, implies the ability of the machine (robot) to reproduce the logical thinking of man. The world's first attempt was made to outline promising areas of interpenetration of ideas and methods between developments in the field of artificial intelligence and economic-geographical research. Three forms of interpenetration are considered: geographic research for artificial intelligence, economic-geographical cognition with the help of such intelligence, and socio-geographical assessment of the consequences of the spread of artificial intelligence. It is established that the greatest prospects are associated with the creation of expert systems, since the existing economic-geographical knowledge is not translated into a language that is understandable to the machine. Examples of such a translation are given with the help of the rules «if ..., then ...». Prospects for the creation of economic-geographical intellectual software agents, determining the limits of growth of «smart» urban agglomerations and the use of «blockchain» technology for regionalization are outlined.

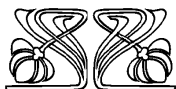
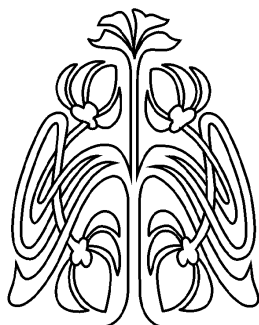
Keywords: socio-economic geography, artificial intelligence, expert system, if-then rule, intellectual agent, «blockchain», regionalization, telecommunication network, signal delay, «smart» urban agglomeration.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-4-11>

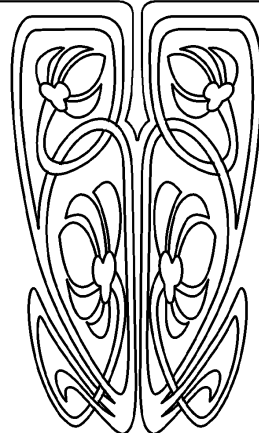
Статья печатается в порядке обсуждения. Считая, что методология новых направлений экономического районирования должна быть разработана и критически осмыслена, мы приглашаем коллег-географов высказаться по этому вопросу на страницах журнала.

В частности, приглашаю к дискуссии акад. П. Я. Бакланова, проф. А. А. Ткаченко, проф. А. Г. Дружинина, д-ра геогр. наук А. И. Трейвиша и др.

© Блануца В. И., 2019



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





Введение. Термин «искусственный интеллект» («artificial intelligence») ввел в научный оборот Д. Маккарти (цит. по [1]). Летом 1956 г. он провел семинар с таким названием в Дартмутском колледже (США). С тех пор искусственный интеллект (ИИ) нашел широкое применение в различных сферах человеческой деятельности. В наиболее общем смысле под искусственным интеллектом понимается способность машины (робота) самостоятельно осуществлять действия, имитирующие логическое мышление человека. Для проверки таких возможностей предлагались различные тесты. Среди них наиболее известен «тест Тьюринга» [1], согласно которому ИИ должен говорить как человек, но при этом человек не должен понять, что разговаривает с машиной. На уровне обычного разговора данный тест уже выполнен при создании «ботов» (электронных систем имитации человеческого голоса с функцией поддержки беседы по стандартной тематике).

Первым широко известным географическим осмыслением возможностей искусственного интеллекта стала статья профессора географии из Калифорнийского университета в Санта-Барбаре Т. Смит (Smith), опубликованная в 1984 г. [2] и вызвавшая дискуссию [3, 4]. В отечественной науке первое общедоступное обобщение было представлено В. С. Тикуновым в 1989 г. [5]. Что касается монографических работ по данной проблематике, то их отсчет ведется с 1997 г. [6]. В XXI в. возможности ИИ значительно расширились [1, 7–11], а их осмысление с позиции социально-экономической географии не было сделано. Это создало проблему определения перспектив экономико-географических исследований в области искусственного интеллекта. Не претендуя на уяснение всех возможных перспектив, далее приводится авторский вариант, в котором основное внимание уделено экспертным системам, интеллектуальным агентам, технологии «блокчейн» и «умным» агломерациям.

Экспертные системы. В основе искусственного интеллекта лежит система (компьютерная программа), основанная на знаниях в определенной предметной области. По аналогии с человеком-экспертом такая программа решает сложные, трудно формализуемые задачи и поэтому называется «экспертной системой». При этом для самостоятельного решения сложных задач необходимо представление нечетких человеческих знаний на языке, понятном вычислительной технике. Известны разные способы представления знаний (семантические сети, фреймы, деревья и др.), среди которых наиболее широко используются «продукции». Например, из 146 экспертных систем, разработанных во всем мире в 1969–1987 гг. и представленных в справочнике [12], 49 систем использовали продукции в чистом виде, а в 54 системах продукции применялись в сочетании с другими способами представления знаний. По-

этому для краткости и единообразия изложения экономико-географических примеров далее используются только правила логического вывода в виде системы продукций.

Вычислительный механизм (*production system*) как цепочка правил впервые был предложен Е. Постом (Post) в 1943 г. [13]. В настоящее время усовершенствованная система продукций является не только способом представления знаний, но и стилем логического программирования. Более удачным названием «системы продукций» является система правил «если..., то...», которая используется далее как эквивалент «продукций». При этом в больших экспертных системах может применяться несколько тысяч правил, а при использовании миварного подхода – 3,5 млн правил [14]. Применительно к экономико-географическим исследованиям следует отметить, что если не считать использование социально-экономических данных в работах по геоинформатике и картографии, то с помощью системы правил «если..., то...» почти не представлены знания, накопленные нашей наукой. По крайней мере, в отечественных изданиях по искусственному интеллекту таких публикаций нет, а в географических журналах имеется только два примера, связанных с развертыванием почтовых сетей Сибири [15, 16]. В зарубежных журналах экономико-географического профиля также отсутствуют статьи, посвященные представлению знаний с помощью системы правил.

Получается, что социально-экономическая география не готова к вызовам современности, формируемым четвертой промышленной революцией [11] и ее основой – искусственным интеллектом. Так, например, ранее было установлено [17], что в постсоветский период (1992–2016 гг.) из 467 монографий и журнальных статей по социально-экономическому районированию, опубликованных во всех странах, только в 48 работах использовались количественные методы выделения районов. В остальных исследованиях применялись интуитивные методы, относящиеся к индивидуальной экспертной оценке и в этом смысле допускающие формализацию с помощью системы правил. Поэтому перспективы представления экономико-географических знаний в виде экспертных систем искусственного интеллекта на данный момент времени можно оценивать как примерно соответствующие объему накопленного знания.

Следует учитывать, что для представления некоторых экономико-географических знаний потребуются небольшие экспертные системы, состоящие всего из нескольких правил. В качестве примера можно привести систему идентификации «ловушки почтового вагона» [18] с использованием правил «если..., то...» (обозначены $R_{ПСТРАП}$ с порядковым номером) и логических действий «и», «или» (будет использовано в других примерах), «иначе»:



$R_{PCTRAP1}$: ЕСЛИ исследуемую территорию (S) разделить на зону с населенными пунктами вдоль железной дороги (S_1) и зону с поселениями вне железной дороги (S_2), И $S_1 + S_2 = S$, И зафиксировать даты запуска почтового вагона (t_1) и окончания анализируемого периода времени (t_2), И в t_2 функционировал почтовый вагон, И $t_2 > t_1$, И в S_1 на t_1 и t_2 находились $N_1(t_1)$ и $N_1(t_2)$ населенных пунктов с почтовыми учреждениями, И в S_2 на t_1 и t_2 располагались $N_2(t_1)$ и $N_2(t_2)$ поселения с почтовыми учреждениями, ТО можно определить наличие или отсутствие ловушки почтового вагона.

$R_{PCTRAP2}$: ЕСЛИ $[N_1(t_2) : N_1(t_1)] < [N_2(t_2) : N_2(t_1)]$, ТО в пределах S в период времени с t_1 по t_2 существовала ловушка развития сети почтовых учреждений, связанная с функционированием почтового вагона, ИНАЧЕ (при $[N_1(t_2) : N_1(t_1)] \geq [N_2(t_2) : N_2(t_1)]$) ловушка отсутствовала.

Подобные системы правил формализуют узкоспециализированные знания. Создание таких систем можно рассматривать как первый этап представления экономико-географических знаний для искусственного интеллекта. Тогда второй этап будет связан с разработкой метасистем, обобщающих тематические группы систем первого этапа. Затем может возникнуть необходимость формирования метасистем более высокого уровня, объединяющих построения предыдущих этапов, и так до создания, что не исключено, единой экспертной системы, представляющей всё существующее экономико-географические знание.

Интеллектуальные агенты. В современной научной литературе по искусственному интеллекту встречаются два разных понимания «агента»: как некий самостоятельно действующий робот, получающий через систему сенсоров информацию об окружающей среде и воздействующий на эту среду с определенной целью, и как программа, выполняющая поставленную пользователем задачу. В первом понимании интеллектуальные агенты малоприменимы в социально-экономической географии, но могут использоваться для сбора и обработки исходных данных. Например, беспилотные летательные аппараты, оснащенные необходимыми сенсорами, могут проводить оперативное социально-экономическое картографирование города (региона, страны). В этом случае искусственный интеллект будет обрабатывать данные с датчиков и создавать карты в режиме реального времени. Прототипом преобразования сенсорной информации в экономическое знание является China Satellite Manufacturing Index [19], оперативно оценивающий объем промышленного производства Китая по космическим снимкам.

Второе понимание интеллектуального агента, скорее всего, получит широкое распространение в географических исследованиях. О перспективах можно судить по имеющимся негеографическим примерам реализации агентов в виде чат-ботов, поисковых роботов и компьютерных вирусов. Для научных исследований более подходящим,

по мнению автора, является термин «экономико-географический интеллектуальный программный агент» (ЭГИПА). Такой агент представляет собой виртуального помощника в извлечении географических знаний с помощью ИИ, работающего в диалоговом режиме с исследователем. В качестве иллюстрации некоторых возможностей ЭГИПА возьмем «теорему» об экономическом районировании П. Я. Бакланова [20].

Согласно этой «теореме» территория S разделена на два экономических района – S_1 и S_2 , между которыми проходит определенная граница, и у части этой границы в пределах S_2 находится территория ΔS , значимость нахождения которой в S_2 или ее перевод в S_1 оцениваются через некоторый потенциал развития. Тогда решение о принадлежности ΔS к S_2 или S_1 определяется по приросту потенциала в обоих районах (S_1 и S_2). Если отнесение ΔS к соседнему району приводит к снижению потенциала, то такой вариант не рассматривается, а если – к приросту, то в ΔS выделяется новая территория ΔS и в случае прироста потенциала в S_1 и S_2 происходит уточнение границы между этими районами. И так продолжается до тех пор, пока между двумя районами не будет найдена «оптимальная граница».

Поскольку «теорема» создавалась без поддержки тематического ЭГИПА по районированию (в силу отсутствия такового), то в ней имеются некоторые неточности. Главная из них связана с тем, что предложенная процедура не является районированием. Если бы был интеллектуальный агент, то он мог бы просчитать количество вариантов выделения ΔS и отнесения их к разным районам и через человеко-машинный интерфейс сообщить исследователю об отсутствии районирования. При обозначении ΔS как операционной территориальной единицы (ОТЕ) районирования и использовании еще некоторых формализмов, относящихся к выделению районов, загрузка «теоремы» в ЭГИПА привела бы к активации следующего правила:

R_{ECREG1} : ЕСЛИ территория S состоит из n непересекающихся ОТЕ И множество ОТЕ покрывает S без остатка, И все ОТЕ объединены в k непересекающихся районов, И в один район объединяются только смежные ОТЕ, И количество полученных вариантов объединения n в k стремится к единице ($q \rightarrow 1$), ТО при $1 < k < n$ имеет место районирование, ИНАЧЕ (при $k = 1$ ИЛИ $k = n$, ИЛИ $q \rightarrow Q$, где Q – предельное количество вариантов объединения n в k при комбинаторном переборе) районирование отсутствует.

Дальнейшие разъяснения ЭГИПА показали бы, что реализация «теоремы» приводит к $q \rightarrow Q$. Например, если попытаться в соответствии с «теоремой» провести экономическое районирование Российской Федерации и в качестве ОТЕ взять субъект Федерации (регион), то минимальное (при выстраивании всех ОТЕ в один пространственный ряд по [21]) количество вариантов объединения



85 регионов в 2–84 экономических района составит 19342813113834066795298814. Понятно, что перебор такого количества вариантов для определения «оптимальных границ» нельзя считать районированием. В этом случае ЭГИПА выдало бы следующую подсказку:

R_{ECREG}^2 : ЕСЛИ имеет место районирование (R_{ECREG}^1) И происходит проверка целесообразности отнесения каждой ОТЕ к k районам по некоторому критерию p , ТО производимое действие является верификацией схемы районирования относительно p .

Таким образом, «теорема» превращается в способ проверки существующих схем районирования, что значительно сокращает количество анализируемых вариантов за счет учета только одного значения k . Приведенный пример пилотных разработок автора указывает на необходимость создания ЭГИПА не только по экономическому районированию, но и по всем остальным исследовательским операциям, что приведет к повышению качества познания общественно-географических процессов.

Технология «блокчейн». Создание распределенных защищенных реестров или «блокчейн» (*цепочка блоков*) с 2009 г. происходит в различных сферах человеческой деятельности и претерпело три генерации [22]: появление криптовалют («биткойн» и др.), формирование «умных контрактов» и внедрение в иные сферы. Суть технологии заключается в создании учетной записи (в широком смысле, вплоть до сложных географических карт) и ее распределении по сети пользователей, каждый из которых может просмотреть запись через открытый ключ, но не может внести в нее изменения, так как закрытый ключ находится у автора записи; к этой записи (блоку) можно добавить новую запись, что приведет к построению цепочки блоков, защищенных криптографическими ключами (подробнее см. [22, 23]). Взаимодействие этой технологии с социально-экономической географией может привести к появлению как минимум четырех перспективных направлений: географическому расширению защищенности «блокчейн», экономико-географическому обоснованию размещения центров обработки данных, проведению исследований и защите полученных результатов, использованию «умных контрактов» для организации научной деятельности (в силу финансово-организационного характера это направление далее не рассматривается).

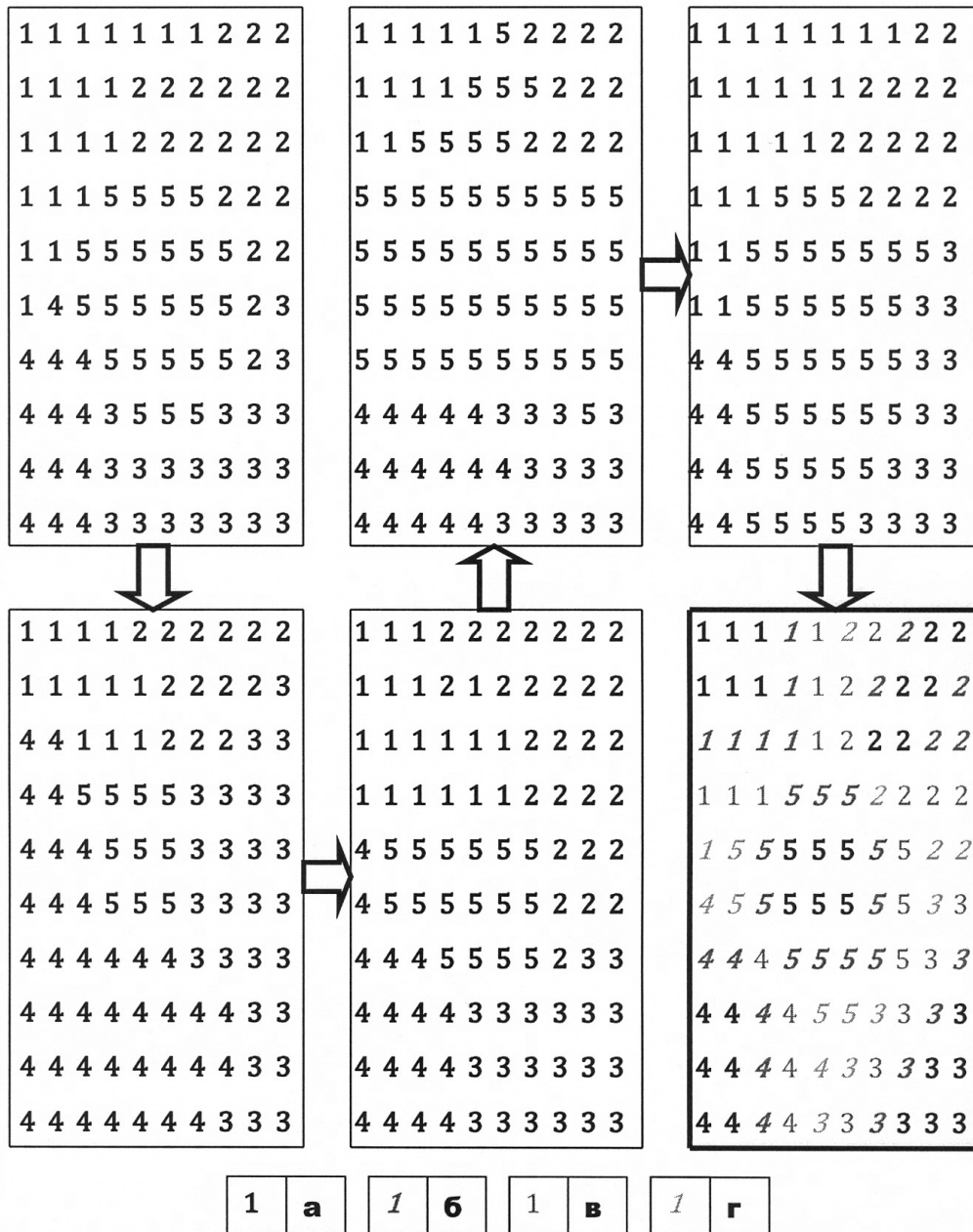
Принято считать [22, 23], что взломать (подобрать) закрытый ключ практически невозможно. Например, при длине ключа в 256 бит потребуется осуществить перебор 2^{256} вариантов. Однако технологии совершенствуются, скорости увеличиваются и разрабатываются новые подходы (например, «атака 51%», когда за счет создания новых блоков устанавливается контроль над всей цепочкой). Поэтому существующая крипто-хронологическая основа «блокчейн» со временем

перестанет гарантировать безопасность транзакций. Не исключено, что возникнет необходимость перехода к крипто-хроно-хорологической основе. Тогда в блоки и процесс хэширования надо будет ввести пространственные коды. Разработка таких кодов, которые должны быть уникальными, очень короткими и максимально локализованными, – прикладная задача социально-экономического районирования мира.

Для осуществления майнинга (процесса записи транзакций для их подтверждения в сети; от англ. *mining*) с каждым годом требуется все больше вычислительных мощностей и, соответственно, энергии на их охлаждение. Поэтому у России, имеющей дешевую электроэнергию и обширные северные территории, появляется шанс стать мировым лидером (вместо Китая; см. [24]) по объему майнинга за счет создания мощных центров обработки данных. Определение местоположения таких центров с учетом их удаленности от ареалов генерации транзакций и источников дешевой электроэнергии (или более холодной территории, на которой потребуются меньше энергии для охлаждения компьютеров) – сугубо экономико-географическая задача.

В рамках третьего направления рассмотрим только один пример – экспертное районирование территории [17]. Остановимся на том варианте, когда экспертам предлагается конечное множество ОТЕ и эти единицы необходимо сгруппировать в k непересекающихся индивидуальных районов. Допустим, имеется 100 ОТЕ, которые пять экспертов объединяют в 5 районов (рисунок). Тогда схема районирования, представленная первым экспертом, оформляется и кодируется в виде первого блока. Затем к сформированному блоку последовательно добавляются схемы остальных экспертов, в результате формируется цепочка из пяти блоков (на рисунке для указания порядка перехода от одного блока к другому используется стрелка). При этом каждый последующий эксперт не может внести изменения в схемы предыдущих экспертов. После дополнения к цепочке нового блока происходит автоматическое создание обобщающей схемы экспертного районирования (на рисунке это шестой блок) с помощью системы искусственного интеллекта.

При большом количестве экспертов и/или совпадении их мнений (схем районирования) искусственный интеллект не нужен. Однако в случае нескольких экспертов и/или расхождении их мнений необходима система генерации обобщающей схемы районирования. Тогда с помощью правил «если..., то...» производится формализация интуитивных представлений о качестве районирования. В нашем примере (см. рисунок) оптимальным считался тот вариант (подробнее о критериях оптимальности см. [17]), при котором получались компактные районы. Это означало, что любая «спорная» ОТЕ, имеющая одинаковую вероятность отнесения сразу к нескольким районам,



Условный пример цепочки из пяти экспертных схем районирования (распределение ста операционных территориальных единиц между пятью районами) и обобщающей схемы.

Каждая цифра соответствует одной операционной территориальной единице, а порядковый номер от 1 до 5 указывает на отнесение операционной единицы к одному из пяти районов. Частота отнесения операционной единицы к району на обобщающей схеме (выделена полужирным контуром):

$$a - 5/5, b - 4/5, в - 3/5, г - 2/5$$

в итоге включалась в тот район, который благодаря новой ОТЕ становился более компактным, чем без нее. С учетом заданных ограничений получилась следующая система правил (для отличия от других правил введено обозначение «EXREG» – экспертное районирование):

R_{EXREG1}: ЕСЛИ территория *S* состоит из *n* непересекающихся ОТЕ И множество ОТЕ покрывает *S* без остатка, И все ОТЕ объединены в *k* районов, И в одном районе находятся

только соседние ОТЕ, И имеется *m* исходных схем районирования от *m* экспертов, И на всех схемах представлены только четкие (не размытые, без переходных зон) районы, ТО с учетом вероятности отнесения каждой ОТЕ к каждому району и требования компактности итоговых районов можно построить обобщающую схему районирования, отражающую преобладающее мнение экспертов об оптимальном разделении *S* на *k* районов.



R_{EXREG2} : ЕСЛИ под вероятностью отнесения ОТЕ к району считать частоту встречаемости i -й ОТЕ в j -м районе на всех m исходных схемах (p_{ij}) И $p_{ij} = f_{ij} : m$ (f_{ij} – количество схем, на которых i -я единица включена в j -й район; $0 \leq f_{ij} \leq m$), ТО можно создать матрицу $\{p_{ij}\}$, необходимую для построения обобщающей схемы районирования.

R_{EXREG3} : ЕСЛИ на основе $\{p_{ij}\}$ выделить ОТЕ с $p_{ij} = 1$ И ОТЕ с $0,5 < p_{ij} < 1$, И в полученные группы входят только соседние ОТЕ, ТО оконтуривание ОТЕ с более 0,5 позволит идентифицировать основу итоговых районов, а с 1,0 – ядра этих районов, И при отсутствии $p_{ij} \leq 0,5$ эта основа объявляется обобщающей схемой районирования, ИНАЧЕ происходит переход к следующему правилу (R_{EXREG4}).

R_{EXREG4} : ЕСЛИ ввести меру удаленности i -й операционной единицы от j -го ядра (d_{ij}) как наименьшее количество ОТЕ между i -й единицей и ближайшей ОТЕ ядра, выделенного при реализации R_{EXREG3} , И рассматриваемая i -я единица граничит с ядром или его окружением ($p_{ij} > 0,5$ в R_{EXREG3}), И $d_{ij} < d_{iv}$ (d_{iv} – удаленность i -й ОТЕ от v -го ядра), И $p_{ij} \geq p_{iv}$, ТО i -я единица относится к j -му району И при распределении n ОТЕ между k районами получается обобщающая схема районирования, ИНАЧЕ переход к R_{EXREG5} .

R_{EXREG5} : ЕСЛИ имеются одно или несколько ОТЕ с $d_{ij} = d_{iv}$ и $p_{ij} = p_{iv} < 0,5$ И под компактностью района подразумевается степень приближения его формы к правильной геометрической фигуре (при прямоугольной сетке ОТЕ такой фигурой является квадрат), И мерой компактности района z , является количество ОТЕ, недостающих до превращения j -го района в правильную геометрическую фигуру относительно крайних ОТЕ (например, при пяти ОТЕ, расположенных в одну линию, $z_j = 20$, т. е. равно количеству ОТЕ, недостающих до квадрата 5X5), И через z_{ij} обозначена новая мера, получаемая в результате присоединения рассматриваемой i -й ОТЕ к j -му району, И производится сравнение относительных величин $(\Delta z_{ij} = (z_j - z_{ij}) : z_j)$, ТО i -я единица входит в состав соседнего j -го района при $\Delta z_{ij} > \Delta z_{iv}$. И при распределении n ОТЕ между k районами получается обобщающая схема районирования, ИНАЧЕ (при $\Delta z_{ij} = \Delta z_{iv}$) i -я ОТЕ объявляется лакуной в обобщающей схеме.

Результат реализации приведенных правил относительно пяти исходных экспертных схем представлен в шестом блоке (см. рисунок). Целесообразно подчеркнуть, что при использовании других ограничений (в том числе априори не заданного количества ОТЕ и районов [17]) могут быть сформулированы иные правила. В целом «блокчейн» позволяет не только организовать исследование и закрепить его результаты (исключив апостериори манипуляции исходными схемами), но и перераспределить интеллектуальную собственность. В настоящее время авторское право на обобщающую схему районирования (например, экономического районирования Иркутской

области [17]) принадлежит тому, кто проводил обработку экспертных мнений, а при переходе на использование «блокчейн» обладателем права станет каждый из экспертов, что повысит заинтересованность последних в получении более объективного результата.

Идентификация «умных» агломераций.

Рассмотрев некоторые перспективы экономико-географических исследований для искусственного интеллекта и с его помощью, нельзя обойти вниманием оценку общественно-географических последствий реализации прорывных технологий. Не исключено, что в ближайшие годы повышенную актуальность приобретут исследования по определению нового цифрового разрыва между территориями (городами, регионами, странами), обусловленного неравномерностью внедрения интеллектуальных систем, уяснению пространственно-временной специфики перехода к цифровой экономике на основе четвертой промышленной революции [11], выявлению «умных» агломераций и регионов [25], установлению территориальных пределов распространения «Тактильного Интернета» [26], калибровке сетевой модели пространственной диффузии инноваций [18], измерению экономико-географического положения поселений и магистралей относительно «умных» объектов (функционалируют на основе ИИ) в рамках сетевого и потокового подходов [18]. Из перечисленных перспективных направлений далее будет рассмотрено только выявление «умных» агломераций.

Для городских агломераций характерны определенная людность ядра (не менее 250 тыс. человек), временная доступность ядра (не более 1,5 часа от ядра и 0,5 часа от крупных периферийных городов-спутников) и развитость системы городских поселений (коэффициент развитости более единицы) [27]. При переходе к анализу «умных» заводов [28], городов [9, 29, 30] и регионов [10] необходимо учитывать другие критерии, связанные с обеспечением управляемости (в режиме реального времени) большого количества систем искусственного интеллекта (беспилотный транспорт, «интеллектуальные» дороги, здания, рекреационные территории и др.), безопасности взаимодействия таких систем между собой и с жителями, а также кибербезопасности. Поэтому, сохраняя порог запуска процесса агломерирования городов с наличия ядра (города-центра агломерации), в котором проживает не менее четверти миллиона человек, целесообразно оперировать критериями электросвязи, характеризующими возможность оперативного управления территориально распределенными «умными» объектами из одного центра (ядра).

Основными характеристиками электросвязи являются скорость передачи информации, удельный вес потерянных пакетов, задержка сигнала и джиттер (колебания задержки во времени; от англ. *jitter* – дрожание). Развитие средств электросвязи ведет к тому, что в будущих сетях 5G скорость



может достигнуть 20 Гбит/с, а потери и джиттер будут стремиться к нулю. Отсюда следует, что наиболее критичным параметром связи между территориально удаленными системами искусственного интеллекта является задержка сигнала. При этом реализация ряда прорывных информационно-коммуникационных технологий возможна только при сверхмалых задержках – менее 1 мс (1 миллисекунда = 0,001 с) [26]. Получается, что для контроля ИИ из удаленного центра необходимо, чтобы сигнал из центра не задерживался более 1 мс [25]. Опираясь на расстояния между городами по кратчайшим линиям электросвязи и формулу расчета задержки сигнала [26], можно относительно каждого ядра провести изохрону 1 мс, которая будет некоторым пространственным пределом роста «умной» агломерации.

К настоящему времени известна всего одна попытка идентификации «умных» городских агломераций России с учетом изохроны 1 мс [25]. Используя авторскую базу данных о линиях электросвязи Российской Федерации, созданную на основе отчетов операторов связи, и рассчитав величину задержки сигнала между 1112 населенными пунктами, имевшими статус города на 1 января 2017 г., были выделены 43 агломерации [25]. При этом надо понимать, что «умные» агломерации еще только предстоит создать, а уяснение возможного распределения по ним городов связано с необходимостью предвидения «пределов роста» скоплений городов вокруг ядер с мощным искусственным интеллектом. Эти пределы связаны с максимально допустимой задержкой информационного потока между ядром и городами-спутниками. В волоконно-оптических линиях связи такая задержка составляет 5 мкс/км [26] (1 микросекунда = 0,000001 с), что позволяет рассчитать максимально допустимое удаление городов-спутников от ядра ($1 \text{ мс} : 5 \text{ мкс/км} = 200 \text{ км}$ по кратчайшим линиям электросвязи).

Сравнение «обычных» (выделенных по методике П. М. Поляна [27]) и «умных» [25] городских агломераций России позволяет прийти к выводу, что первые меньше вторых по количеству городов и численности городского населения, и замыкаются в пределах одного региона, тогда как среди «умных» скоплений довольно распространены межрегиональные структуры (33 из 43). Не исключено, что в связи с развитием высокоскоростного транспорта в будущем изохрона 1,5-часовой транспортной доступности ядра (на сегодня это примерно 90 км) приблизится к изохроне 1 мс по задержке сигнала из ядра (200 км). Тогда в «обычные» агломерации будут входить те же города, что и в их «умный» аналог. Что касается межрегиональных структур, то уже сейчас приходит понимание того, что «обычные» агломерации не должны ограничиваться территориальными рубежами субъектов Федерации.

Дальнейшие перспективы идентификации «умных» агломераций России связаны с учетом

задержки сигнала до всех отечественных сельских поселений и поселков городского типа, что позволит проводить более точные границы агломераций и в итоге перейти от анализа городских скоплений к изучению всех селитебных территорий в пределах изохроны 1 мс, исследованием возможности размещения центров обработки данных и ситуационно-управленческих центров в городах с людностью менее 250 тыс. человек, что существенно увеличит количество «умных» агломераций и их удельный вес в численности населения страны, определением новых кратчайших маршрутов для прокладки волоконно-оптических линий связи между поселениями, что расширит агломерации за счет населенных пунктов, находящихся в настоящее время вне рассматриваемой изохроны, переходом от расчетных значений задержки сигнала между поселениями, определяемых по формуле из [26], к измерению задержки с использованием «больших данных» [17], а также установлением других (относительно сверхмалой задержки) критических параметров управляемости территориально распределенного искусственного интеллекта из ядра агломерации.

Заключение. Бурное развитие искусственного интеллекта в последние годы заострило проблему отсутствия экономико-географического осмысления данного процесса. Не претендуя на всеобъемлющий охват, была предпринята попытка уяснить три момента: перспективные пути проникновения общественно-географического знания в сферу ИИ (представление эвристического знания с помощью правил «если..., то...»), создание систем географических правил, обоснование хронологической основы распределенных реестров и размещение центров обработки данных), использование ИИ для проведения экономико-географических исследований (построение экономико-географических интеллектуальных программных агентов как виртуальных помощников географов-исследователей и применение технологии «блокчейн» для обобщения экспертных схем районирования) и определение географических последствий распространения ИИ (формирование «умных» городских агломераций).

Вне экономико-географического осмысления остались многие подобласти искусственного интеллекта, среди которых в связи с особой перспективностью целесообразно отметить три: машинное обучение (применительно к нашей проблематике это выражается в формировании способности робота создавать метаправила на основе обобщения множества географических правил), компьютерное видение (в отличие от машинного «понимания» физико-географического изображения вообще отсутствуют работы по преобразованию визуализированной общественно-географической ситуации в описание, понятное искусственному интеллекту) и использование нейронных сетей для экономико-географического прогнозирования.



Благодарности и финансирование: *Статья подготовлена при финансовой поддержке Отделения гуманитарных и общественных наук РФФИ (проект № 17-03-00307-ОГН).*

Библиографический список

1. *Russell S., Norvig P.* Artificial Intelligence : A Modern Approach. Third Edition. Boston : Prentice Hall, 2010. 1132 p.
2. *Smith T. R.* Artificial intelligence and its applicability to geographical problem solving // *Professional Geographer*. 1984. Vol. 36, № 2. P. 147–158.
3. *Couclelis H.* Artificial intelligence in geography : Conjectures on the shape of things to come // *Professional Geographer*. 1986. Vol. 38, № 1. P. 1–11.
4. *Nystuen J. D.* Comment on “Artificial intelligence and its applicability to geographical problem solving” // *Professional Geographer*. 1984. Vol. 36, № 3. P. 358–359.
5. *Тикунов В. С.* Исследования по искусственному интеллекту и экспертные системы в географии // *Вестник Московского университета. Сер. 5, Геогр.* 1989. № 6. С. 3–9.
6. *Openshaw S., Openshaw C.* Artificial Intelligence in Geography. Chichester, UK : John Wiley, 1997. 336 p.
7. *Головицына М. В., Гудко Н. И.* Методы искусственного интеллекта в современных информационных технологиях. М. : Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2017. 383 с.
8. *Опенков М. Ю., Варакин В. С.* Искусственный интеллект как экономическая категория // *Вестник Северного (Арктич.) федерального университета. Сер. Гуманит. и соц. науки.* 2018. № 1. С. 73–83.
9. *Batty M.* Artificial intelligence and smart cities // *Environmental and Planning B : Urban Analytics and City Science*. 2018. Vol. 45, № 1. P. 3–6.
10. *Morandi C., Rolando A., Di Vita S.* From Smart City to Smart Region : Digital Services for an Internet of Places. Milan : Springer, 2016. 120 p.
11. *Schwab K.* The Fourth Industrial Revolution. N. Y. : Crown Business, 2017. 192 p.
12. *Курсанов Б. С., Попов Э. В.* Состояние разработки инструментальных средств и экспертных систем // *Искусственный интеллект : в 3 кн. Кн. 1. Системы общения и экспертные системы : справочник / под ред. Э. В. Попова.* М. : Радио и связь, 1990. С. 290–342.
13. *Post E.* Formal reduction of the general combinatorial // *American J. Math.* 1943. Vol. 65, № 2. P. 197–215.
14. *Варламов О. О.* Практическая реализация линейной вычислительной сложности логического вывода на правилах «если – то» в миварных сетях и обработка более
15. *Блануца В. И.* Диффузия почтовых нововведений в досоветской Сибири // *География и природные ресурсы*. 2012. № 4. С. 30–39.
16. *Блануца В. И.* Почтовое освоение Сибири в досоветский период // *География и природные ресурсы*. 2014. № 3. С. 171–180.
17. *Блануца В. И.* Социально-экономическое районирование в эпоху больших данных. М. : ИНФРА-М, 2017. 194 с.
18. *Блануца В. И.* Развертывание информационно-коммуникационной сети как географический процесс (на примере становления сетевой структуры сибирской почты). М. : ИНФРА-М, 2016. 246 с.
19. *China Satellite Manufacturing Index.* [Электронный ресурс]. URL: <http://www.spaceknow.com/china/> (дата обращения: 15.06.2018).
20. *Бакланов П. Я.* К теории экономического районирования («теорема» об экономическом районировании) // *Региональные исследования*. 2016. № 4. С. 4–9.
21. *Keane M.* The size of the region-building problem // *Environment and Planning A*. 1975. Vol. 7, № 5. P. 575–577.
22. *Свон М.* Блокчейн : Схема новой экономики. М. : Олимп-бизнес, 2017. 240 с.
23. *Генкин А., Михеев А.* Блокчейн : как это работает и что ждет нас завтра. М. : Альпина Паблишер, 2018. 592 с.
24. *Цветкова Л. А.* Перспективы развития технологии блокчейн в России : конкурентные преимущества и барьеры // *Экономика науки*. 2017. Т. 3, № 4. С. 275–296.
25. *Блануца В. И.* Территориальная структура цифровой экономики России : предварительная делимитация «умных» городских агломераций и регионов // *Пространственная экономика*. 2018. № 2. С. 17–35.
26. *Кучерявый А. Е., Маколкина М. А., Киричек Р. В.* Тактильный Интернет. Сети связи со сверхмалыми задержками // *Электросвязь*. 2016. № 1. С. 44–46.
27. *Полян П. М.* Методика выделения и анализа опорного каркаса расселения. М. : Изд-во Института географии АН СССР, 1988. 283 с.
28. *Zuehlke D.* SmartFactory – towards a factory-of-things // *Annual Reviews in Control*. 2010. Vol. 34, № 1. P. 129–138.
29. *Albino V., Berardi U., Dangelico R. M.* Smart cities : definitions, dimensions, performance, and initiatives // *Journal of Urban Technology*. 2015. Vol. 22, № 1. P. 3–21.
30. *Hall R. E.* The vision of a smart city // *Proceedings of the 2nd International Life Extension Technology Workshop (Paris, France, September 28, 2000)*. P., 2000. P. 1–6.

Образец для цитирования:

Блануца В. И. Перспективы экономико-географических исследований в области искусственного интеллекта // *Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле*. 2019. Т. 19, вып. 1. С. 4–11. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-4-11>

Cite this article as:

Blanutsa V. I. Prospects of Economic-Geographical Research in the Field of Artificial Intelligence. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2019, vol. 19, iss. 1, pp. 4–11 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-4-11>



УДК [524.3–852(470.44)]

Бенз(а)пирен в атмосфере городов Саратовской области

**В. З. Макаров, В. А. Гусев, Ю. В. Волков,
В. А. Затонский, А. М. Неврюев**

Макаров Владимир Зиновьевич, доктор географических наук, заведующий кафедрой физической географии и ландшафтной экологии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, makarovvz@rambler.ru

Гусев Виктор Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой геоморфологии и геоэкологии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, geograf-nauka@yandex.ru

Волков Юрий Владимирович, старший научный сотрудник, доцент кафедры физической географии и ландшафтной экологии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, volkovuv@info.sgu.ru

Затонский Виктор Александрович, ассистент кафедры физической географии и ландшафтной экологии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, viktorzatosky@yandex.ru

Неврюев Александр Михайлович, лаборант лаборатории геоинформатики и тематического картографирования, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, nevruev5@yandex.ru

В статье рассмотрены результаты инструментальных наблюдений за концентрацией бенз(а)пирена в приземном слое атмосферного воздуха в городах Саратов и Балаково зимой 2018 г. Выявлены участки городской территории с наибольшими значениями ПДКсс бенз(а)пирена. Ими оказались зоны, прилегающие к оживлённым автомагистралям.

Ключевые слова: бенз(а)пирен, атмосферный воздух, концентрация бенз(а)пирена, транспортная нагрузка на городских улицах, города Саратов и Балаково.

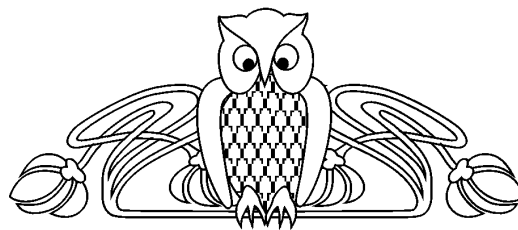
Benzopyrene in the Atmosphere of Saratov Region Cities

**V. Z. Makarov, V. A. Gusev, Yu. V. Volkov,
V. A. Zatonsky, A. M. Nevryuev**

Vladimir Z. Makarov, orcid.org/0000-0003-0505-5257, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya Str., Saratov 410012, Russia, makarovvz@rambler.ru

Viktor A. Gusev, <https://orcid.org/0000-0001-9223-2447>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya Str., Saratov 410012, Russia, geograf-nauka@yandex.ru

Yuri V. Volkov, <https://orcid.org/0000-0002-1855-4955>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya Str., Saratov 410012, Russia, volkovuv@info.sgu.ru



Viktor A. Zatonsky, <https://orcid.org/0000-0003-3216-5347>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya Str., Saratov, 410012 Russia, viktorzatosky@yandex.ru

Alexander M. Nevryuev, <https://orcid.org/0000-0002-7985-8629>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya Str., Saratov, Russia 410012, nevruev5@yandex.ru

The article provides the results of instrumental studies on the content and concentration of benzopyrene in the surface layer of the atmosphere in Saratov and Balakovo, as one of the most powerful and widespread carcinogen with extremely high and dangerous environmental effects. Characteristic sections of urban areas with the highest benzopyrene concentration were identified.

Keywords: instrumental studies, atmospheric air, benzopyrene, ambient air standard, traffic load, cities of Saratov & Balakovo.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-12-17>

Постановка проблемы и её актуальность

Среди градозоологических проблем проблема загрязнения атмосферного воздуха крупных промышленных городов занимает особое место. Это обуславливается несколькими причинами. Во-первых, исключительной важностью атмосферного воздуха для всего живого на Земле. Во-вторых, огромной концентрацией промышленности и транспорта, а также огромной подвижностью воздушных масс, с которыми могут перемещаться вредные примеси.

Состояние воздушного бассейна городов Саратова и Балаково, в которых сконцентрированы основные промышленные объекты и транспортные потоки, является одной из наиболее острых проблем Саратовской области [1].

Ежегодно от стационарных источников загрязнения в воздух в этих городах поступает от 70 до 90 тыс. т в год вредных веществ.

Анализ состава загрязняющих веществ в атмосфере российских городов показал, что одним из контролируемых загрязнителей является бенз(а)пирен. По опасности он занимает одно из первых мест, что делает исследование и контроль загрязнения атмосферного воздуха этим загрязнителем необходимым и обязательным [2–4].

Бенз(а)пирен – наиболее известное вещество из группы полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), достаточно широко распространённый канцероген, требующий обязательного контроля в городском воздухе.

ПАУ широко распространены в природе и стабильны во времени. Они обладают канцеро-



генной и мутагенной активностью. Из-за своей токсичности и канцерогенных свойств их относят к приоритетным загрязняющим веществам [5, 6].

Загрязнение атмосферного воздуха бенз(а)пиреном в городах обусловлено выбросами автотранспорта, предприятий теплоэнергетики, многочисленных мелких котельных, а также открытыми пожарами.

Большую роль в миграции и накоплении бенз(а)пирена играет такой его источник, как автомобильный транспорт. С одной стороны, двигаясь на большие расстояния, автомобили способствуют равномерному разносу бензапирена. С другой стороны, осевший бенз(а)пирен в больших количествах скапливается вдоль автомобильных дорог и на объектах рядом с ними (так называемые «вторичные источники»).

Вклад автотранспорта в выбросы углеводородов в атмосферу, в том числе и бенз(а)пирена, составляет более 90% от суммарных выбросов всех углеводородов. [3, 5, 6].

Ситуация усугубляется тем, что дорожные проезды за пределами боковых примыкающих газонов активно используются в качестве парковок автомобилей, часто кратковременных. Как известно, выхлопные газы двигателя автомобиля на холостом ходу, в пробках и при прогреве более обогащены токсичными веществами, особенно ПАУ (в том числе 3,4-бенз(а)пиреном). Поэтому уровень химического загрязнения парковочных участков и в местах постоянных автомобильных пробок довольно высок.

Бенз(а)пирен легко «включается» в круговорот веществ в природе: с атмосферными осадками, всегда содержащими твердые частички, он заносится даже на территории, удаленные от основного источника ПАУ, попадает в водоёмы, откуда при испарении вновь поднимается в воздух. Именно способность бенз(а)пирена мигрировать приводит к тому, что его содержание может быть высоким в местах, где нет мощного источника этого вещества [7].

Бенз(а)пирен относится к веществам первого класса опасности. Первый класс опасности – это вещества с чрезвычайно высоким опасным воздействием на окружающую среду, при этом изменения, вызываемые ими, необратимы.

Таким образом, бенз(а)пирен представляет опасность не только как фоновое загрязнение окружающей среды, но и как вещество, проникающее в организм по пищевой цепочке. Все это составляет необходимость постоянного исследования и анализа атмосферного воздуха городов при загрязнении его бенз(а)пиреном и разработке рекомендаций по их совершенствованию, а также прогнозированию будущего уровня загрязнения бенз(а)пиреном.

Характеристика местоположения постов постоянного контроля над загрязнением городского воздуха в городах Саратов и Балаково

В начале рассмотрим уровень загрязнения бенз(а)пиреном городов Саратова и Балаково

на основании данных, полученных на постах постоянного круглогодичного наблюдения за загрязнением воздуха.

Необходимо отметить, что наблюдения за состоянием атмосферного воздуха на территории Саратовской области проводятся только в двух крупнейших промышленных центрах области: в г. Саратове на десяти стационарных постах и в г. Балаково на трех стационарных постах.

В Саратове до недавнего времени было 6 постоянных постов наблюдения за загрязнением воздуха (ПНЗ). Конечно, это крайне недостаточно для города со сложным, разновысотным и расчлененным рельефом, к тому же имеющим разнообразную функционально перемешанную, «чересполосную» застройку разной плотности, с разным сосредоточением промышленных предприятий и транспортных магистралей. С 2010 г. в Саратове было организовано еще 4 поста (табл. 1).

Это муниципальные ПНЗ-9, ПНЗ-10, ПНЗ-11 и ПНЗ-12. Новые посты расположены в районе Детского парка, 3-й городской клинической больницы, в крупном спальном микрорайоне «Солнечный» и близ аэропорта «Центральный». К сожалению, бенз(а)пирен на указанных постах не определяется.

Как видим, в Саратове из 6 постоянно действующих постов бенз(а)пирен определяется лишь на 3, а в Балаково из 3 постов – лишь на одном.

Кратко охарактеризуем посты города Саратова, где определяется бензапирен. Два первых поста расположены в южной промышленной части города в Заводском районе.

ПНЗ-1 размещён вблизи оживленной автомагистрали – проспекта Энтузиастов, у края заброшенного испытательного аэродрома, прекратившего существование, авиационного завода.

Данный пост – это бывшая метеостанция «Южная». Недалеко через дорогу находится промплощадка крупного действующего предприятия – подшипникового завода, а также довольно старая ТЭЦ-1. Абсолютная высота площадки поста составляет 81 м. Площадка расположена на пролювиальном шлейфе в Центральной субкотловине Приволжской котловины и фиксирует транспортные и отчасти промышленные выбросы предприятий машиностроения и теплоэнергетики. На площадку возможен привнос пыли с оголенных склонов Лысогорского плато и навалов песка с речного порта в посёлке Юриш.

ПНЗ-2 также расположен в Заводском районе, можно сказать в ядре южной промзоны: близ ТЭЦ-2 и нефтеперерабатывающего завода, а также неподалеку от химпредприятия ОАО «Нитрон». Абсолютная высота площадки поста равна 97 м. Она также расположена на пролювиальном шлейфе, но уже в Южной субкотловине Приволжской котловины. Пост фиксирует влияние выбросов крупных предприятий химии, нефтепереработки, теплоэнергетики в условиях котловинного рельефа и плохой проветриваемости.



Таблица 1

Сведения о сети наблюдения за состоянием атмосферного воздуха [8]

Номер поста наблюдения	Адрес поста	Определяемые примеси
г. Саратов		
ПНЗ-1	Заводской район, пр. Энтузиастов, 61	Пыль, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, сероводород, гидрохлорид, формальдегид, бенз(а)пирен
ПНЗ-2	Заводской район, ул. Волгодонская, 2	Пыль, оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, сероводород, фенол, аммиак, цианид водорода, формальдегид, ароматические углеводороды, бенз(а)пирен
ПНЗ-5	Волжский район, ул. Октябрьская, 45	Пыль, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота, фенол, формальдегид, бенз(а)пирен , сероводород
ПНЗ-6	Ленинский район, ул. Ломоносова, 21	Пыль, оксид углерода, диоксид азота, фенол, гидрофторид, формальдегид
ПНЗ-7	Ленинский район, ул. 50 лет Октября, 87	Пыль, оксид углерода, диоксид азота, гидрохлорид, аммиак, формальдегид, фенол, тяжелые металлы
ПНЗ-8	Кировский район, ул. Астраханская, 150	Пыль, оксид углерода, диоксид азота, фенол, гидрофторид, формальдегид
ПНЗ-9*	Фрунзенский район, Детский парк	Оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, диоксид серы, метан, углеводороды (суммарно)
ПНЗ-10*	Октябрьский район, ул. Политехническая – 5-ая Беговая	Оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, диоксид серы, метан, углеводороды (суммарно)
ПНЗ-11*	Ленинский район, ул. Чехова – ул. Антонова	Оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, диоксид серы, метан, углеводороды (суммарно)
ПНЗ-12*	Волжский район, район аэропорта	Оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, диоксид серы, метан, углеводороды
г. Балаково		
ПНЗ-1	Жилой городок, пересечение улиц Титова и Ленина	Пыль, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, сероводород, фенол, формальдегид
ПНЗ-4	Новые микрорайоны, пересечение улиц Трнавской и Проспекта Героев	Пыль, оксид углерода, диоксид азота, фенол, гидрофторид, аммиак, формальдегид, тяжелые металлы
ПНЗ-5	Граница промышленной и жилой зоны, пересечение улиц Вокзальной и Саратовского шоссе	Пыль, оксид углерода, диоксид азота, фенол, сероводород, формальдегид, бенз(а)пирен , гидрофторид

* Наблюдения проводятся эпизодически.

ПНЗ-5 находится в Волжском районе на пересечении улиц Октябрьской и Московской с оживленным движением автотранспорта. Неподалёку расположены промплощадки ПО «Саратов-мебель» и фурнитурного завода. Абсолютная высота поста равна 50 м. Пост расположен на наклонной в сторону Волги и Глебучева оврага поверхности пролювиального шлейфа Северной субкотловины Приволжской котловины. Пост отражает атомтехногенную ситуацию в плотной жилой застройке в исторической части города, создаваемую под воздействием автотранспорта в условиях плохой проветриваемости.

Концентрация бенз(а)пирена по данным прямых наблюдений на стационарных постах и инструментальных замеров в городах Саратов и Балаково

Согласно опубликованным материалам о концентрации бенз(а)пирена, в воздушном бассейне Саратова за последние три года (2015–2017 гг.) среднегодовая концентрация примеси рассматриваемого периода составляла 0,2–0,4 ПДК [8–10].

Наибольшая среднемесячная концентрация примеси (1,3 ПДК) зафиксирована в феврале 2015 г. на ПНЗ-1, размещенного вблизи оживленной автомагистрали – Проспекта Энтузиастов, промплощадки крупного действующего предприятия – подшипникового завода, а также старой ТЭЦ-1. Данный пункт наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха фиксирует транспортные и отчасти промышленные выбросы предприятий машиностроения и теплоэнергетики. В 2017 г. наибольшая среднемесячная концентрация примеси (0,5 ПДК) зафиксирована в феврале на ПНЗ-2 и марте на ПНЗ-5.

В Балаково из 3 организованных стационарных постов наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха бенз(а)пирен определяется только на одном – ПНЗ-5, расположенном на границе промышленной и жилой зоны, пересечение улиц Вокзальной и Саратовского шоссе.

В 2015–2017 гг. среднегодовая концентрация примеси бенз(а)пирена отмечалась на уровне 0,4–0,2 ПДК. Наибольшая среднемесячная концентрация примеси (0,5 ПДК) зафиксирована в феврале на ПНЗ-2 и марте на ПНЗ-5. Максималь-



ная разовая концентрация примеси наблюдалась в январе 2015 г. и составила 1,1 ПДК.

Таковы официальные данные по наличию и содержанию бенз(а)пирена в атмосфере городов Саратова и Балаково, приводимые в «Докладах...» природоохранного комитета.

Между тем инструментальные замеры по содержанию бенз(а)пирена в этих городах, проведённые сотрудниками лаборатории урбоэкологии и регионального анализа географического факультета Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского при финансовой поддержке Российского географического общества (проект № 05/2017-Р «Разработка методологии комплексного геоэкологического мониторинга городской среды для оценки и прогноза опасных и чрезвычайных ситуаций (на примере урбанизированных территорий Саратовского Приволжья)»), в феврале 2018 г. показали значительное превышение ПДК_{сс} по бенз(а)пирену практически на всех исследуемых участках городов как в жилых кварталах, так и в промзонах, на автомагистралях, даже в зелёной зоне. Сотрудниками лаборатории были взяты 9 проб воздуха в разных местах города Саратова и 3 пробы в городе Балаково.

Отбор проб воздуха на бенз(а)пирен производился аспиратором ПУ-3Э. Электрический аспиратор ПУ-3Э предназначен для отбора и измерения проб атмосферного воздуха населенных мест, жилых и общественных помещений и др.

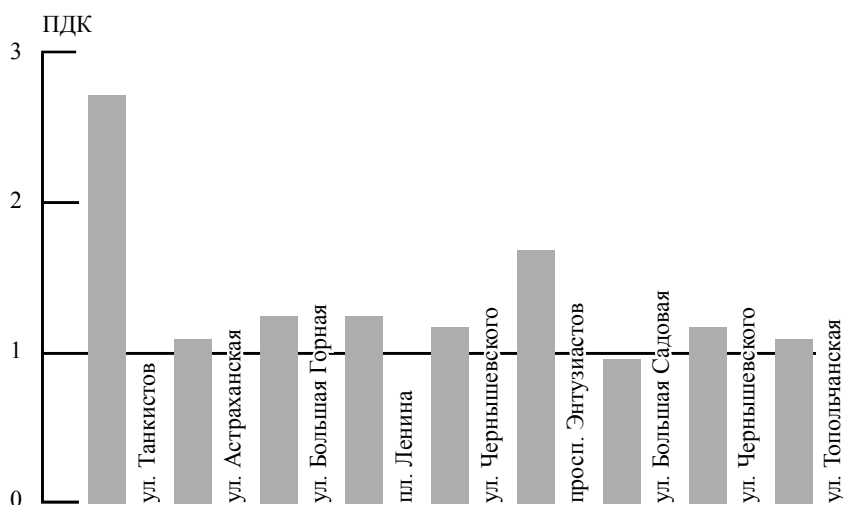
Аспиратор посредством прокачки заданного объема воздуха через поглотительные фильтры типа АФА позволяет при последующем аналитическом контроле выявить содержание пыли и аэрозолей.

В городе Саратове в отобранных пробах воздуха посредством аспиратора была выявлена концентрация бенз(а)пирена, превышающая ПДК_{сс}, практически на всех исследуемых участках (рисунок).

Пространственный анализ полученных данных по содержанию и концентрации бенз(а)пирена в г. Саратове показал, что наибольшая концентрация выявлена в пониженных участках рельефа с очень плотным транспортным потоком: на перекрёстке улиц Танкистов и Навашина в Кировском районе, на котором отмечается интенсивное движение автотранспорта, идущего в сторону аэропорта, на площади около Центрального колхозного рынка на пересечении улиц Астраханская и Большая Горная, на проспекте Энтузиастов в заводском районе, на которых также отмечается интенсивное движение автотранспорта, идущего с улиц Авиостроителей, Орджоникидзе, на площади Ленина в районе 3-й Дачной в Ленинском районе, на улице Чернышевского Фрунзенского района.

Превышение ПДК_{сс} бенз(а)пирена на этих участках варьировало от 2,72 на улице Танкистов до 1,08 на улице Астраханской. Наименьшая концентрация бенз(а)пирена отмечалась на ул. Большая Садовая в заводском районе (превышение ПДК-0,96).

Наличие бенз(а)пирена на улицах г. Саратова и его значительная концентрация обуславливаются плотным потоком автотранспорта, создающим аэрозольную взвесь из выхлопных газов, асфальтовой пыли и резиновых частиц при истирании дорожного полотна автошинами. Так, по данным министерства природных ресурсов и экологии Саратовской области вклад передвижных источников (автотранспорта) в суммарный выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух города составляет 78,1%. Управление ГИБДД ГУ МВД России по Саратовской области констатирует ежегодный рост количества автомобильного транспорта в г. Саратове, достигший 326 781 единицы (по состоянию на 1 января 2018 г.) [10].



Пределы ПДК среднесуточных концентраций бенз(а)пирена в воздушном бассейне г. Саратова по данным инструментальных замеров (февраль 2018 г.)



Плотность транспортного потока, согласно натурным замерам на указанных улицах Саратова, в среднем в час пик достигает 3000 автомобилей и более в час. Ежегодное нарастание транспортной загруженности улиц Саратова всё более увеличивает как загазованность, так и запылённость приземного слоя воздуха вдоль автомагистралей.

Кроме того, автомобильные шины (резина) являются адсорбентом для бенз(а)пирена, а частички резиновой пыли переносят на себе кристаллы бенз(а)пирена. По оценкам исследо-

вателей, в резиновой пыли содержится больше канцерогенных веществ, чем в выхлопных газах двигателей, которые до этого считались традиционными источниками загрязнения окружающей среды [6].

Аналогичная картина с содержанием бенз(а)пирена складывается и в городе Балаково, где превышение ПДК зафиксировано на улицах с плотным транспортным потоком в центре города и в районе пересечения Саратовского шоссе и ул. Вокзальной на границе селитбы и промышленной зоны (табл. 2).

Таблица 2

Концентрация бенз(а)пирена в атмосферном воздухе г. Балаково по данным инструментальных замеров на тестовых площадках (февраль 2018 г.)

Место отбора воздушных проб	Количество проходящего автотранспорта в период наблюдений, авт/ч	Концентрация бенз(а)пирена в 1 м ³	Превышение ПДК в N раз*
Пересечение ул. 30 лет Победы и ул. Трнавской	1326	1,12·10 ⁻⁹	1,12
Островная часть в селитбно-промышленной зоне	780	Не обнаружено	Не обнаружено
Пересечение Саратовского шоссе и ул. Вокзальной	1182	1,08·10 ⁻⁹	1,16

На островной части города, где зафиксировано минимальное количество проходящего транспорта, концентрации бенз(а)пирена не обнаружено.

В то же время прямая зависимость наличия бенз(а)пирена от количества проходящего транспорта отмечалась не всегда. Дело в том, что в отличие от газообразных веществ основная часть ПАУ в нижних слоях атмосферы находится в воздухе одновременно в парогазовой фазе и в виде аэрозольных ассоциатов субмикронного размера. Соотношение между ними зависит от физико-химических свойств индивидуальных соединений, их концентрации, температуры, давления и влажности окружающей среды [11].

Выводы

Бенз(а)пирен как один из самых мощных и при этом широко распространённых канцерогенов в воздушном бассейне городов представляет наиболее опасный компонент загрязнения атмосферы.

Учитывая, что фактор риска от действия бенз(а)пирена на организм человека высок, а осознание этого на психологическом уровне чрезвычайно низко, о бенз(а)пирене должны знать не только автомобилисты и производственники, но и все уровни власти.

Согласно полученным результатам инструментальных замеров, в городах Саратов и Балаково почти во всех местах отбора проб воздуха на бенз(а)пирен обнаружено превышение его концентрации относительно ПДКсс.

Наибольшая концентрация взвешенных веществ выявлена в понижениях рельефа с очень плотным транспортным потоком, что свидетель-

ствует о большой роли автотранспорта в создании аэрозольной взвеси из выхлопных газов, асфальтовой пыли и резиновых частиц при истирании дорожного полотна автошинами.

В настоящее время в Саратове из 10 постов постоянного наблюдения за загрязнением воздуха только 3 фиксируют содержание бенз(а)пирена, а их расположение не всегда учитывает современную ситуацию на автомагистралях и действующие источники промышленных выбросов в атмосферу, как постоянных, так и сезонных. Поэтому, учитывая высокую канцерогенную опасность бенз(а)пирена, необходимо увеличить число станций постоянного наблюдения за его концентрацией в разных средах, прежде всего в городском воздухе, и категорически пресекать возгорания свалок, пожги мусора, листьев деревьев, мазута и пр.

Благодарности и финансирование: *Статья подготовлена при финансовой поддержке Русского географического общества (проект № 05/2017-Р).*

Библиографический список

1. Новаковский Б. А., Макаров В. З., Пролёткин И. В., Чумаченко А. Н. Оценка загрязнения снежного покрова г. Балаково // Экология и промышленность России. 1999. № 2. С. 4–8.
2. Грязные города России [Электронный ресурс]. URL: <https://www.o000o.ru/15-samykh-gryaznykh-gorodov-rossii-pootsenkam-ekologov.html> (дата обращения: 18.02.2018). Загл. с экрана. Яз. рус.
3. Киреев Г. В., Баленков О. Ю., Демина Л. Н. Содержание бенз(а)пирена в различных зонах мегаполиса // Гигиена и санитария. 2008. № 3. С. 6–7.



4. Рашитов Л. З., Галлямов А. Б. Изучение влияния уровня содержания бенз(а)пирена в атмосферном воздухе на показатели онкологической заболеваемости населения Казани // *Фундаментальные исследования*. 2010. № 11. С. 109–111.
5. Травень В. Ф. *Органическая химия* : учеб. пособие для вузов : в 3 т. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. Т. 2. 517 с.
6. Бензапирен [Электронный ресурс]. URL: <https://primprogoda.ru/news/ecology/benzapiren> (дата обращения: 18.02.2018). Загл. с экрана. Яз. рус.
7. Цимбалюк К. К., Деньга Ю. М., Антонович В. П. Определение полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в объектах окружающей среды (Обзор) // *Методы и объекты химического анализа*. 2013. Т. 8, № 2. С. 50–62.
8. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2015 г. Саратов, 2016. 247 с. [Электронный ресурс]. URL: http://www.minforest.saratov.gov.ru/info/?SECTION_ID=65 (дата обращения: 18.02.2018).
9. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2016 г. Саратов, 2017. 250 с. [Электронный ресурс]. URL: http://www.minforest.saratov.gov.ru/info/?SECTION_ID=65 (дата обращения: 18.02.2018).
10. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2017 г. Саратов, 2018. 201 с. [Электронный ресурс]. URL: http://www.minforest.saratov.gov.ru/info/?SECTION_ID=65 (дата обращения: 18.02.2018).
11. Бензапирен в атмосфере городов [Электронный ресурс]. URL: <http://www.hintfox.com/article/Benzapiren-himiko-ekologicheskaja-problema-sovremennosti.html> (дата обращения: 18.02.2018). Загл. с экрана. Яз. рус.

Образец для цитирования:

Макаров В. З., Гусев В. А., Волков Ю. В., Затонский В. А., Неврюев А. М. Бенз(а)пирен в атмосфере городов Саратовской области // *Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле*. 2019. Т. 19, вып. 1. С. 12–17. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-12-17>

Cite this article as:

Makarov V. Z., Gusev V. A., Volkov Yu. V., Zatonsky V. A., Nevryuev A. M. Benzopyrene in the Atmosphere of Saratov Region Cities. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2019, vol. 19, iss. 1, pp. 12–17 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-12-17>



УДК 911.3+656.132

Оценка развития междугороднего автобусного сообщения в Саратовской области

Ю. В. Преображенский, А. В. Молочко

Преображенский Юрий Владимирович, кандидат географических наук, доцент кафедры экономической и социальной географии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, topofag@yandex.ru

Молочко Анна Вячеславовна, кандидат географических наук, заведующий кафедрой экономической и социальной географии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, farik26@yandex.ru

Рассматривается ряд аспектов междугороднего автобусного сообщения в Саратовской области. На основе продолжительности и стоимости поездки на автобусе из областного в районные центры оценивается экономическое расстояние в пределах региона, делается вывод о существенных различиях в проницаемости экономического пространства. Для городов области рассчитан коэффициент кривизны сообщения. Ставится также вопрос о потенциальной трудовой миграции из райцентров в Саратов. Только для жителей небольшого числа населённых пунктов выгодно ездить на работу в Саратов на постоянной основе.

Ключевые слова: агломерация, автобусный транспорт, транспортная связность, коэффициент кривизны расстояний.

The Assessment of the Development of Intercity Bus Service in the Saratov Region

Yu. V. Preobrazhenskiy, A. V. Molochko

Yuri V. Preobrazhenskiy, <https://orcid.org/0000-0003-2774-0554>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya Str., Saratov 410012, Russia, topofag@yandex.ru

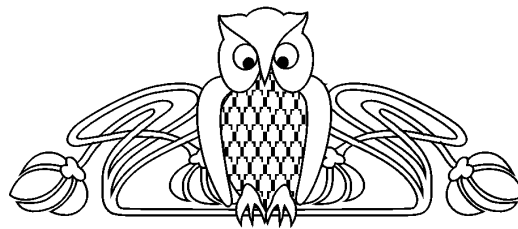
Anna V. Molochko, <https://orcid.org/0000-0003-4877-207X>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya Str., Saratov 410012, Russia, farik26@yandex.ru

A number of aspects of intercity bus service in the Saratov region are considered. Based on the duration and cost of the bus ride from the regional center to the municipal centers, economic distances within the region are estimated. It is concluded that there are significant differences in the permeability of the economic space. The coefficient of curvature of the communication is calculated for the cities of the region. The question of potential labor migration from the regional centers to Saratov is also raised. Only for residents of a small number of settlements it is reasonable to go to work in Saratov on a permanent basis.

Keywords: agglomeration, bus transport, transport connectivity, the rate of curvature of the distances.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-18-23>

Введение. Вопрос развития транспортной инфраструктуры является ключевым для агломераций, поскольку именно она задаёт интенсивность



и границы распространения связей между населёнными пунктами. В то же время возможность развития транспортной сети остаётся одним из действенных механизмов регионального управления социально-экономической сферой. В связи с этим в научной литературе анализу транспортной доступности были подвергнуты практически все агломерации страны (прежде всего, конечно, Московская). Актуальна данная тематика и для Саратовской области. Формирование Саратовской агломерации (в составе Саратова, Саратовского, Татищевского и Энгельсского районов) в качестве имеющего социально-экономическую значимость образования возможно только при условии высокой проницаемости (доступности) всей её территории.

Изучение связей между населёнными пунктами лежит в русле так называемого трансляционного подхода в рамках модели «центр-периферия». Входящие и исходящие материальные, энергетические и информационные потоки во многом определяют статус населённого пункта. Характер специализации зон (Центр и Периферия) определяет различия в «видах» трансляции. Даже не имея представления о метрических характеристиках ядра территориальной общественной системы, можно сделать вывод о его присутствии и «весе» только по интенсивности потоков, направляемых к нему и исходящих из него [1, с. 220].

Очевидно, что главный транспортный узел региона (как правило, областной (краевой, республиканский и др.) центр) занимает наиболее выгодное (оптимальное) место в региональной транспортной сети. Нахождение населённого пункта в оптимуме можно оценивать через ряд критериев, в том числе через коэффициент кривизны сообщений. Представляет также интерес сравнительная интенсивность связей между областными центром региона и райцентрами. Для её определения нами был предложен соответствующий метод. Интересны и экономические предпосылки формирования транспортных связей.

Коэффициент кривизны сообщения. Поскольку транспортные средства (даже в виде гужевого транспорта) почти никогда не перемещаются напрямую, наблюдается различие между кратчайшим (минимальным) расстоянием между точками и реальным проделанным километражем. Эту разницу можно выразить в виде коэффициента кривизны (КК), рассчитанного как отношение длины автодороги к минимальному расстоянию.



Однако поскольку в каждом регионе, как правило, больше двух городов (речь не о Магаданской области), необходимо выяснить КК как частное между суммами расстояний от данного города до всех других городов по дороге и напрямую.

Метод заимствован из [2]. Результаты расчётов для Саратовской области¹ представлены в табл. 1.

Как и ожидалось, Саратов обладает наименьшим КК. Однако справедливости ради надо отметить, что такие города, как Энгельс, Балашов, Калининск, тоже имеют низкое значение рассчитанного показателя. В принципе все значения менее среднего (1,35) можно считать маркерами достаточно удачного положения населенного пункта в транспортной сети. В худшем положении здесь оказываются те населённые пункты (райцентры), которые расположены относительно близко к Волге, но при этом не имеют через неё моста (Вольск, Красный Кут). Это приводит к необходимости делать существенный круг до мостов через реку у Саратова или Балаково.

Интенсивность сообщения как критерий выделения агломерации. Прежде всего следует отметить два момента, которые показательны для послесоветского периода. Во-первых, агломерационные процессы затормозились и замерли на довольно низких отметках: доля городов-спутников в общей численности населения крупных городских агломераций составляет примерно 30% [3, с. 28]. Во-вторых, с 1990-х гг. в Российской Федерации произошло существенное снижение транспортной подвижности населения, обслуживаемого как железнодорожным транспортом, так и автобусами общего пользования [4]. Таким образом, вкупе с экономическим спадом, отрицательно сказывающимся на интенсивности транспортной связности, можно говорить о том, что текущие показатели перемещений между городами следует рассматривать в качестве минимальных (по крайней мере, для большинства российских регионов, в том числе и для Саратовской области). Этот аспект следует держать в уме при дальнейшем исследовании.

Транспортная связность является одним из важнейших признаков внутренней целостности

системы расселения, она указывает на предпосылки формирования агломераций. С этих позиций, нам представляется важным сформулировать вопрос взаимной зависимости транспортной связности между городами и их людностью. Очевидно, что чем крупнее города, тем большие потоки людей должны перемещаться между ними. В то же время верно и то, что чем крупнее город, тем больше он самодостаточен в смысле бытового и культурного обслуживания жителей. Поэтому регулярно ездить из города одного ранга в другой нет особого смысла².

В отношении Саратовской области речь идёт о связи её населённых пунктов с Саратовом, который по своей людности и социокультурным функциям определённо является центром притяжения для всех областных городов, несопоставимых с ним по размеру.

Для того чтобы оценить транспортную связность, нами было подсчитано количество рейсов из Саратова в районные центры на протяжении недели, а также уточнены данные по стоимости проезда. В результате появился материал для сопоставления частоты рейсов и численности населения этих городов. Первоначально мы планировали использовать более сложную формулу, в которой бы фигурировало значение так называемого гравитационного притяжения между городами (население одного города, умноженное на население другого города, деленное на квадрат расстояния между ними)³. Однако, учитывая то, что мы не рассматривали связи райцентров между собой (большинство из них всё равно идут через Саратов), есть смысл ограничиться в формуле численностью населения только того города, в котором производится автобусное отправление. В результате мы предложили следующую формулу:

$$Rt = \frac{Pi}{t^2}, \quad (1)$$

где Rt – ожидаемая сила притяжения между Саратовом и i -м городом по расстоянию, оцененному через время, Pi – людность этого города, t^2 – квадрат времени, затрачиваемого на поездку между i -м городом и Саратовом.

Таблица 1

Коэффициенты кривизны для городов Саратовской области

Город	КК	Город	КК	Город	КК	Город	КК
Аркадак	1,29	Ершов	1,31	Новоузенск	1,40	Хвалынский	1,41
Аткарск	1,33	Калининск	1,26	Петровск	1,45	Шиханы	1,44
Балаково	1,36	Красноармейск	1,42	Пугачёв	1,38	Энгельс	1,24
Балашов	1,22	Красный Кут	1,54	Ртищево	1,30	–	–
Вольск	1,49	Маркс	1,38	Саратов	1,21	–	–

Примечание. Средний коэффициент равен 1,35.

¹ Расчёты проведены студентом географического факультета Саратовского государственного университета Виталием Перевозниковым для его выпускной работы, однако не вошли в её итоговый вариант.

² Решение подобной задачи для городов Северного Урала (три из которых имеют примерно равный ранг) см. в работе [5].

³ См., например, в данной работе на примере агломерации Екатеринбург [6].



Аналогично вводим:

$$Rm = \frac{Pi}{m}, \quad (2)$$

где Rm – ожидаемая сила притяжения между Саратовом и i -м городом по расстоянию, оцененному через стоимость, m – стоимость билета. Полученные значения Rt и Rm мы сопоставили с частотой рейсов в данный город за неделю (так как многие отправления производятся через день, только по выходным и пр.). В итоге формула вида

$$Co_t = \frac{Ni}{Rt}, \quad (3)$$

где Co_t – текущая сила связности между областным центром и населённым пунктом, Ni – число рейсов из Саратова в i -й город в неделю.

Связность по стоимости билета рассчитывается как:

$$Co_m = \frac{Ni}{Rm}, \quad (4)$$

где Co_m – текущая сила связности между областным центром и населённым пунктом, Ni – число рейсов из Саратова в i -й город в неделю.

И время в пути, и стоимость билета в данном случае являются своеобразными характеристиками «плотности» экономического пространства. Чем меньше время в пути, чем ниже стоимость билета, тем экономическое пространство (в котором фиксируются экономические расстояния) плотнее, более проницаемо. Очевидно, что сокращение времени в пути может быть достигнуто за счёт ряда мер, в числе которых и строительство высокоскоростных магистралей, и обновление парка подвижных средств, и развитие других видов транспорта, таких как речной или аэро.

Результаты расчетов по вышеприведенным формулам отражены в табл. 2. На первый взгляд они представляются достаточно противоречивыми. Наибольшее значение свойственно райцентрам области, находящимся дальше всего от Саратова (см. рисунок). Понятно, что существенная часть пассажиров выходит не на конечной станции, а на промежуточных остановках. Низкие показатели городов Маркса и Вольска также нельзя принимать однозначно, поскольку они являются транзитными пунктами при движении далее на восток области, прежде всего в Балаково.

Вероятно, что в ходе более детального исследования можно было бы непосредственно посчитать, сколько человек выходят на каждой остановке, но в масштабах области это амбициозная задача. Поэтому приходится руководствоваться некоторыми логическими допущениями.

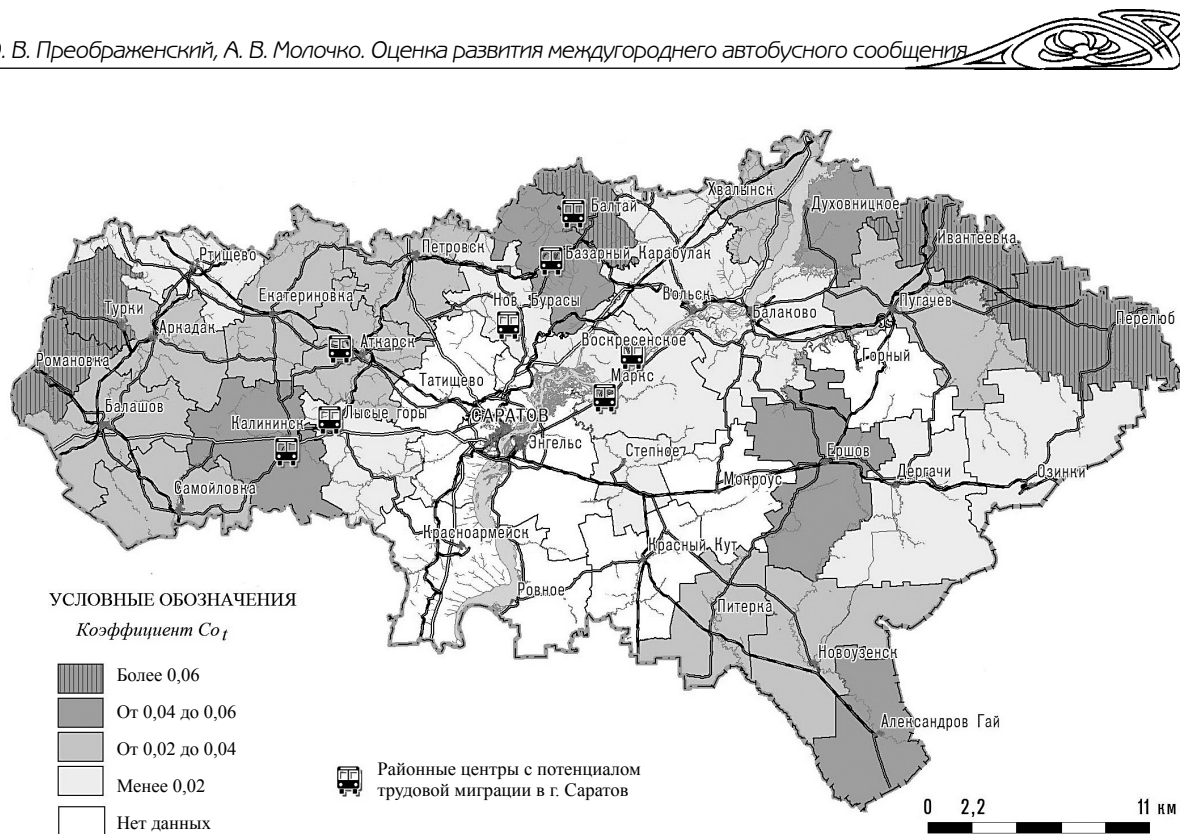
Очевидно, что чем выше полученные значения показателей Co_m и Co_t , тем больше связность между данными населёнными пунктами с Саратовом по линии автобусного сообщения. Однако более плодотворным результатом в данном подходе было бы определение некоторого модельного (образцового) значения связности между двумя населёнными пунктами, чтобы можно было бы говорить о его превышении и, соответственно, о тяготении райцентра к областному центру; значение меньше образца будет свидетельствовать о недостаточной притягательности (аттрактивности) Саратова для райцентра. В таком случае мы бы искали причины того, что показатель 0,022 для Балашова ниже стандартного (низкие зарплаты, не позволяющие ездить в областной центр часто, ориентация на другой город (возможно, в другом регионе) как

Таблица 2

Расчетные значения степени связности населенных пунктов области с г. Саратовом (на основе автобусного сообщения)*

Населенный пункт	Co по t	Co по m	Населенный пункт	Co по t	Co по m
Ивантеевка	0,094	1,498	Екатериновка	0,027	0,751
Балтай	0,090	3,615	Новоузенск	0,026	0,450
Турки	0,087	1,252	Хвалынский	0,025	0,629
Перелюб	0,079	1,026	Балашов	0,022	0,580
Романовка	0,071	1,007	Аткарск	0,020	0,981
Духовницкое	0,058	0,685	Лысье Горы	0,014	0,549
Александров Гай	0,058	0,863	Степное	0,014	0,647
Ершов	0,054	0,681	Новые Бурасы	0,013	0,505
Калининск	0,045	1,631	Балаково	0,013	0,489
Базарный Карабулак	0,043	1,578	Воскресенское	0,012	0,600
Петровск	0,032	1,476	Озинки	0,011	0,225
Ягодная Поляна	0,031	1,132	Вольск	0,011	0,359
Самойловка	0,030	0,820	Дергачи (транзит)	0,009	0,187
Пугачев	0,029	0,428	Маркс	0,008	0,553
Аркадак (транзит)	0,029	0,599	Ртищево	0,006	0,098

* Данные на август 2018 года.



Интенсивность связей между муниципальными районами и г. Саратовом на основе автобусного сообщения (коэффициент C_{01})

центр культурно-бытового обслуживания и пр.). В настоящий момент мы можем только сравнивать относительную связность населённых пунктов с Саратовом, но не судить о её достаточности. Вероятно, говорить о значимой силе притяжения между населёнными пунктами можно, только начиная со значения C_{01} , равном 0,1, не достигнутого ни одним из населённых пунктов.

Стоит отметить, что в некоторые райцентры вообще не ходят автобусы напрямую из Саратова или бывают отменены рейсы. Так обстоят дела с Красноармейском, Ровно, Горным и др.

Нужно также учитывать два момента. Во-первых, данные получены с саратовского автовокзала, но в ключевые города осуществляет рейсы альтернативный перевозчик, который не учитывался. Во-вторых, по области ходят электрички по четырём основным направлениям: на Александров Гай, Озинки, Балаково и Ртищево (и далее до Балашова). Если до первых двух электричка ходит два-три раза в неделю, то до второй пары – ежедневно.

Повышению связности городов вдоль Волги будут способствовать как суда на подводных крыльях, так и экранопланы [7].

Экономические предпосылки транспортной связности. Как уже говорилось, для населения значение имеет расстояние не реальное, а экономическое. Так, для жителей некоторых сибирских и дальневосточных регионов дешевле долететь до Москвы, чем добраться до отдалённых населённых пунктов своего региона или соседнего.

Для оценки предпосылок мобильности жителей региона М. А. Михайлюк предлагает метод, основанный на сравнении средней заработной платы по районам Ленинградской области и стоимости одной поездки на автобусе, что позволяет «...определить степень возможности использования автобусного транспорта для ежедневных поездок» [8, с.74]. Используя подобный метод, мы рассчитали количество поездок, которые житель того или иного района может совершить в областной центр, если потратит всю свою заработную плату (табл. 3). Требуются, конечно, дополнительные расходы, чтобы добраться до райцентра или хотя бы до трассы, на которой останавливается автобус. Видно, что жителям Ивантеевки, Турок, Озинок, Аркадака едва хватает средств, чтобы ездить в Саратов каждые выходные.

Если рассчитать подобное число поездок из Саратова в райцентры, можно наблюдать интересные отличия. Так, до Хвалынска, Турок, Самойловки, Дергачей саратовец может ездить в 1,77 раза чаще, чем жители этих населённых пунктов до областного центра. Приведённые расчёты в данном случае достаточно умозрительны и характеризуют скорее различия в уровне заработной платы по районам Саратовской области.

В реальных условиях важнее выяснить, из каких райцентров действительно имеет смысл ездить каждый день в Саратов на работу исходя из разницы в зарплате. Чтобы рассчитать это, мы воспользовались следующей формулой:



Таблица 3

Число поездок в г. Саратов (и обратно), которые можно совершить на сумму, равную заработной плате в соответствующем районе области (2018 г.), раз

Населённый пункт	Число поездок	Населённый пункт	Число поездок	Населённый пункт	Число поездок
Александров Гай	34	Ершов	66	Петровск	46
Аркадак	19	Екатериновка	46	Пугачев	23
Аткарск	58	Ивантеевка	18	Романовка	21
Балаково	39	Калининск	50	Ртищево	43
Балашов	29	Корсаковка	102	Самойловка	24
Балтай	38	Лысье Горы	52	Степное	72
Базарный Карабулак	53	Новоузенск	29	Турки	18
Вольск	40	Новые Бурасы	63	Хвалынский	20
Воскресенское	60	Маркс	71	Хлебновка	132
Духовницкое	28	Озинки	18	Энгельс	562
Дергачи (транзит)	22	Перелюб	16	–	–

$$N = \frac{Za_{\text{Сар}} - Za_i}{2m}, \quad (5)$$

где N – число доступных поездок туда и обратно, $Za_{\text{Сар}}$ – зарплата в Саратове, Za_i – зарплата в i -м районе, m – стоимость билета до райцентра.

Очевидно, что расчётное N должно превышать 22 (число поездок в месяц в рабочие дни). Оказывается, что Новые Бурасы, Маркс, Лысье Горы, Базарный Карабулак, Балтай, Аткарск, Калининск, Воскресенское соответствуют этому допуску, и отсюда есть смысл ездить в Саратов на работу, т. е. потенциально эти районы тяготеют к Саратову по связям трудовой миграции. Конечно, нужно учитывать ряд дополнительных факторов таких поездок, в том числе зарплату модальную (различия в которой могут быть не столь явно проявляться), доступность работы (как в районе, так и в областном центре), транспортную усталость (существует временной предел продолжительности каждодневной поездки), время и стоимость дополнительных поездок в пределах Саратова.

Безусловно, рассмотренные райцентры в пределах региона-субъекта РФ имеют различный вес, радиус влияния, величину, экономический ландшафт, их лицо определяют базирующиеся там компании, являющиеся работодателями для местных жителей и источниками поступлений в местный бюджет [9, с. 80]. При изменении экономического ландшафта, изменится и интенсивность связей.

Формула (5) может служить одним из критериев выделения экономических микрорайонов. Целесообразно также использовать их для составления типологии районов для целей территориального планирования [10].

Выводы. Таким образом, наши расчёты на основании коэффициента кривизны подтвердили выгодное транспортно-географическое положение крупных городов области. На основе методики оценок связности населённых пунктов области с Саратовом были получены результаты,

свидетельствующие о достаточно ограниченном круге районов, в своих связях ориентированных на Саратов.

Предпосылки формирования ежедневной трудовой миграции из ближайших районов в Саратов существуют только в восьми населённых пунктах области. Работа по оценке связности райцентров с Саратовом нуждается в продолжении, в том числе в наблюдении на местах. Очевидно при этом, что перспективы развития Саратовской агломерации будут связаны с её ростом в северо-восточном (прибрежном), в северном и северо-западном направлениях. Такое развитие не может замыкаться только на вводе новых инфраструктурных проектов, оно должно сопровождаться соответствующими экономическими проектами в точках роста «на подходе» к агломерации. Только так может быть достигнут системный синергетический эффект от агломерации.

В то же время остаётся актуальной социальная значимость пассажирских перевозок в периферийные райцентры. Теми или иными мерами следует поддерживать связность социально-экономического пространства всей области, что позволит предотвратить или отсрочить маргинализацию и последующую деградацию населённых пунктов, удалённых от областного центра.

Библиографический список

1. Преображенский Ю. В. Подходы к выявлению Центра и Периферии // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2016. Т. 16, вып. 4. С. 216–221.
2. Николаев Р. С. Оценка эффективности и возможностей оптимизации транспортно-логистических процессов в территориальных общественных системах // Геопоиск-2016 : материалы I Всерос. конгр. молодых ученых-географов / Тверской государственный университет. Тверь, 2016. С. 512–534.
3. Мавлютов Р. Р., Лукьяница М. В., Чижо Л. Н. Трансформация промышленных территорий крупного города как



ключевой фактор его социально-экономического развития (на примере г. Волгограда). Волгоград, 2014. 80 с.

4. Семина И. А. Транспортная подвижность населения как социально-территориальная проблема (теоретико-практический аспект) // Трансформация социальных отношений в региональном социуме. Саранск, 2016. С.177–182.

5. Аверкиева К. В., Антонов Е. В., Денисов Е. А., Фаддеев А. М. Территориальная структура городской системы севера Свердловской области // Известия Российской академии наук. Сер. географическая. 2015. № 4. С. 24–38.

6. Козлова О. А., Макарова М. Н., Третьяк А. Н. Методический инструментарий оценки влияния пространственной локализации на миграционные процессы в регионе // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. С. 309–318.

7. Хохлов Е. А. Перспективы и критерии оценки эффективности использования высокоскоростных пассажир-

ских судов на Волге // Вестник ВГАВТ. Судовождение и безопасность плавания, водные пути, гидротехнические сооружения и экологическая безопасность судоходства. 2005. Вып. 12. С. 125–128.

8. Михайлюк М. А. Исследование влияния транспортной инфраструктуры на маятниковую миграцию (на примере Санкт-петербургской агломерации) // Экономика Северо-Запада : проблемы и перспективы развития. 2017. № 4 (1). С. 66–79.

9. Преображенский Ю. В. Точки роста и узлы развития Саратовской области // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2017. Т. 17, вып. 2. С. 76–81.

10. Преображенский Ю. В. Пространственные аспекты в «Стратегии социально-экономического развития Саратовской области до 2030 года» // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2017. Т. 17, вып. 4. С. 227–231.

Образец для цитирования:

Преображенский Ю. В., Молочко А. В. Оценка развития междугороднего автобусного сообщения в Саратовской области // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 1. С. 18–23. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-18-23>

Cite this article as:

Preobrazhenskiy Yu. V., Molochko A. V. The Assessment of the Development of Intercity Bus Service in the Saratov Region. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2019, vol. 19, iss. 1, pp. 18–23 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-18-23>



УДК 633.551.5

Районирование Саратовской области по условиям формирования белковости яровой пшеницы

С. И. Пряхина, Е. И. Ормели

Пряхина Софья Ивановна, доктор сельскохозяйственных наук, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, psi267269@yandex.ru

Ормели Екатерина Ивановна, аспирант кафедры метеорологии и климатологии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, meteokatenok@mail.ru

В статье представлены прогнозы качества зерна яровой пшеницы по методу В. Я. Ярошевского и В. П. Топылевой, в которой по ежедневным метеорологическим данным первого, второго и третьего месяца вегетации (май–июль) рассчитаны процентное содержание белка в зерне яровой пшеницы за 1991–1995 гг. и прогноз качества зерна яровой пшеницы, полученный на основе корреляционной связи белковости зерна со среднемесячной температурой воздуха июня за 1978–1995 гг. По данным за 1912–2017 гг. по станциям Саратовской, Волгоградской и Астраханской областей были построены интегральные кривые, позволяющие учесть процентную обеспеченность различных средних месячных температур в июне в зависимости от средних многолетних ее значений. На основе интегральных кривых была получена номограмма данной обеспеченности средней месячной температуры воздуха июня от 15 до 27°C.

Ключевые слова: качество зерна, белковость, амплитуды температур, гидротермический коэффициент, корреляция, агроклиматическое районирование, интегральные кривые, номограмма обеспеченности.

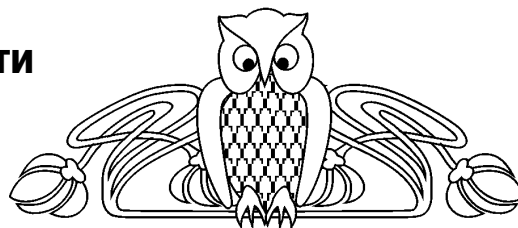
Zoning of the Saratov Region According to Formation of Protein in Spring Wheat

S. I. Pryakhina, E. I. Ormeli

Sofya I. Pryakhina, <https://orcid.org/0000-0002-7226-6129>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya Str., Saratov 410012, Russia, psi267269@yandex.ru

Ekaterina I. Ormeli, <https://orcid.org/0000-0002-0486-4047>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya Str., Saratov 410012, Russia, meteokatenok@mail.ru

The article presents forecasts of the quality of spring wheat grain according to the method of V. Ya. Yaroshevsky and V. P. Topylevoi, where, according to the daily meteorological data of the first, second and third months of the growing season (May–July), the percentage of protein in the grain of spring wheat for 1991–1995 was calculated. The second forecast of the quality of grain of spring wheat, was obtained on the basis of the correlation of the protein content of grain from the average the monthly air temperature in June for 1978–1995. On long-term data for the years 1912–2017, integrated curves were constructed for the allows stations of the Saratov, Volgograd and As-



trakhan regions, which allow to take into account the availability of different average monthly temperatures in June depending on the multi-year mean values. Based on the integral curves, a nomogram was obtained for the provision of the average monthly air temperature in June from 15 to 27°C.

Keywords: grain quality, protein, temperature amplitudes, hydrothermal coefficient, correlation, agroclimatic zoning, integral curves, nomogram of security.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-24-29>

Введение

Увеличение производства зерна – ключевая проблема интенсификации сельского хозяйства. В ее решении важное значение имеет прогноз количества и качества зерна как средства управления производством, заготовкой и распределением сельскохозяйственной продукции.

Климатические, а также погодные условия каждого конкретного года влияют не только на урожай сельскохозяйственных культур, но и на качество сельскохозяйственной продукции.

При одних и тех же климатических и почвенных условиях погода оказывает большее влияние на содержание белка в зерне пшеницы, чем агротехнические мероприятия [1, 2].

Накопление белка в зерне злаковых растений происходит в результате использования азотистых веществ, главным образом белков, накопленных в вегетативных органах до начала налива зерна, и поглощения азота из почвы в период налива зерна. Поэтому агрометеорологические условия уже на ранних этапах развития растений, влияя на накопление азотистых веществ в листьях и стеблях, обуславливают качество зерна.

При хорошем увлажнении почвы весной происходят сильный рост растений и интенсивное образование боковых побегов, т. е. накопление потребляющей азот органической массы. Рост же корневой системы идет значительно медленнее. Несоответствие между развитием корневой системы и надземной массы тормозит снабжение растений азотом. В их тканях накапливается мало азотистых соединений, которых затем бывает недостаточно для накопления в зерне большого количества белка и клейковины. Следовательно, ресурсы влаги в весенний период в районах неустойчивого увлажнения определяют не только условия формирования урожая, но и будущие его качества.

Прогноз качества зерна нового урожая, составленный с достаточной заблаговременностью,



имеет важное значение для организации заготовки зерновых культур.

Фактического материала об изменчивости химического состава зерна в зависимости от климатических условий накопилось много, однако количественных зависимостей, позволяющих рассчитать ожидаемое качество зерна пшеницы, мало, и этот вопрос требует дальнейших исследований.

Прогноз белковости зерна яровой пшеницы

В научной литературе нет разработок по прогнозу качества зерна яровой пшеницы в Саратовской области или Нижнем Поволжье. Вопросами прогноза качества урожая яровой пшеницы занимаются работники Гидрометцентра г. Москвы. В. А. Ярошевским и В. П. Топылевой был предложен метод прогноза процентного содержания белка в зерне яровой пшеницы по фактическим метеорологическим данным первого, второго и третьего месяца вегетации (май–июль). Авторами данного метода получено уравнение зависимости количества белка от суммы средних суточных амплитуд температуры воздуха за период с мая по июль и от гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК) за тот же период [3]. Уравнение имеет следующий вид:

$$y = 0,006\Sigma A - 3,3\text{ГТК} + 14,0, \quad (1)$$

где y – процентное содержание белка в зерне яровой пшеницы, %; ΣA – сумма суточных амплитуд температуры воздуха за май–июль; ГТК – гидротермический коэффициент за май–июль.

По данному уравнению за четыре года с 1991 по 1994 г. по станции Саратов ЮВ были рассчитаны прогностические значения белка в зерне яровой пшеницы с месячной заблаговременностью и проведено сравнение с фактической белковостью яровой пшеницы сорта Саратовская-58 за те же годы (табл. 1). Ошибка данного уравнения составила $\pm 2,9\%$, оправдываемость – 79%.

Данная формула хорошо подходит для расчета прогностических значений белковости в Саратовской области, так как в основу уравнения положено два комплексных показателя, хорошо отражающих сухие и засушливые условия рассма-

триваемой территории: сумма средних суточных амплитуд температуры воздуха за май–июль и гидротермический коэффициент за те же месяцы.

Наиболее тесная связь в период вегетации яровой пшеницы наблюдается между белковостью зерна и амплитудой температуры воздуха. Исследования, проведенные Е. А. Дорогоновской [2], В. Н. Страшным [4], М. И. Мель [5], позволили сделать вывод, что с увеличением континентальности климата наблюдается заметное повышение качества зерна.

При средней суточной амплитуде температуры воздуха за май–июль меньше 6°C содержание белка в зерне пшеницы не превышает 9,5%. Благоприятные условия термического режима для накопления белка и клейковины складываются при суточных амплитудах воздуха более $10,5^\circ\text{C}$ по чистым парам, 12°C по занятым парам [4].

Большой практический интерес представляют оценка биохимического потенциала климата Саратовской области и прогноз качества зерна яровой пшеницы с месячной заблаговременностью.

Как показали проведенные расчеты, в Саратовской области наблюдается тесная корреляционная связь белковости зерна с температурой июня (табл. 2):

$$X_{\text{cp}} = \frac{\sum X}{n} = \frac{357,3}{18} = 19,9,$$

$$Y_{\text{cp}} = \frac{\sum Y}{n} = \frac{253}{18} = 14,1,$$

где X_{cp} – средняя месячная температура воздуха за июнь, $^\circ\text{C}$, (1978–1995 гг.); Y_{cp} – средняя многолетняя фактическая белковость яровой пшеницы, %, (1978–1995 гг.); n – число лет.

Коэффициент корреляции (r) этих величин составляет 0,75:

$$r = \frac{\sum(X - X_{\text{cp}})}{\sqrt{\sum(X - X_{\text{cp}})^2 \cdot \sum(Y - Y_{\text{cp}})^2}} =$$

$$= \frac{\sum \Delta X \cdot \Delta Y}{\sqrt{\sum \Delta X^2 \cdot \sum \Delta Y^2}} = \frac{49,32}{\sqrt{4369,663}} = 0,75. \quad (2)$$

Даже с учетом неизбежных ошибок предельные значения коэффициента не становятся менее 0,68, что говорит о хорошей связи между величинами.

Таблица 1

Расчет прогностической белковости яровой пшеницы по станции Саратов ЮВ

Год	Сумма суточных амплитуд температуры воздуха за май–июль, ΣA , $^\circ\text{C}$	Гидротермический коэффициент за май–июль	Фактическая белковость яровой пшеницы, %	Прогностическая белковость, %	Отклонения
1991	1080	0,41	14,4	19,1	-4,7
1992	1003	0,62	14,8	18,0	-3,2
1993	920	1,13	12,9	15,8	-2,9
1994	925	1,13	13,2	15,9	-2,5
Среднее	977	0,8	13,8	17,2	-3,4



Полученное уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$y = 0,64x + 4,9, \quad (3)$$

где y – процентное содержание белка в зерне яровой пшеницы, %; x – средняя месячная температура воздуха июня, °С.

Средняя квадратическая ошибка найденного уравнения регрессии (3) составляет

$$S_y = \pm 0,98\%.$$

Среднее отклонение уравнения равно $\pm 0,8$, или 5,7%.

Только в одном случае (1989 г.) имеется грубое расхождение прогностического и фактического значений белковости, во всех остальных случаях расхождение практически не выходит за пределы средней квадратической ошибки (СКО) (см. табл. 2).

Оправдываемость найденного уравнения (3) составляет 94%. Достаточно высокая корреляционная связь между белковостью зерна и средней месячной температурой июня объясняется тем, что в Саратовской области в июне белковые вещества перераспределяются из листьев и стеблей в зерновку, а термический режим оказывает большое влияние на это перераспределение. Чем выше температура воздуха в июне, тем благоприятнее условия для формирования зерна с высоким содержанием в нем белка. При выборе

этого показателя мы исходили из двух основных предпосылок: показатель должен легко рассчитываться по материалам стандартных наблюдений и, вместе с тем, быть высокоинформативным. Средняя месячная температура июня отвечает этим требованиям: она рассчитывается на всех метеорологических станциях.

Найденная формула (3) проста и может быть составлена для любой станции. Как видно из табл. 2, высокобелковая яровая пшеница (с содержанием белка более 14%) на полях Саратовской области формируется в те годы, когда температура июня более 19,5°С.

Агроклиматическое районирование Саратовской области по условиям формирования белковости зерна яровой пшеницы

Знание особенностей территории Саратовской области с точки зрения ее пригодности для возделывания высококачественных озимых и яровых пшениц будет способствовать рациональному и прибыльному использованию ее почвенно-климатических ресурсов.

Исследования многих авторов показали, что зерно озимой и яровой пшеницы, содержащее не менее 14% белка, формируется при средней месячной температуре воздуха в июне, равной или выше 19,5°С. Зерно, содержащее 12,0–13,9%

Таблица 2
Средняя месячная температура июня и белковость зерна яровой пшеницы, станция Саратов ЮВ, 1978–1995 гг.

Год	Средняя месячная температура воздуха июня, °С	Фактическая белковость яровой пшеницы Саратовская-58, %	ΔX	ΔY	$\Delta X \cdot \Delta Y$	ΔX^2	ΔY^2	Прогностическая белковость, %	Отклонения
1978	16,0	12,7	-3,9	-1,2	4,68	15,21	1,44	12,3	-0,4
1979	19,2	12,4	-0,7	-1,5	1,05	0,49	2,25	13,7	+1,3
1980	19,3	14,1	-0,6	0,2	-0,12	0,36	0,04	13,8	-0,3
1981	22,5	15,7	2,6	1,8	4,68	6,76	3,24	15,9	+0,2
1982	16,0	13,0	-3,9	-0,9	3,51	15,21	0,81	12,3	-0,7
1983	17,4	13,4	-2,5	-0,5	1,25	6,25	0,25	12,9	-0,5
1984	20,4	15,8	0,5	1,9	0,95	0,25	3,61	14,3	-1,5
1985	19,1	13,8	-0,8	-0,1	0,08	0,64	0,01	13,7	-0,1
1986	21,6	13,4	1,7	-0,5	-0,85	2,89	0,25	14,8	+ 1,4
1987	22,2	16,2	2,3	2,3	5,29	5,29	5,29	15,1	-1,1
1988	22,8	16,0	2,9	2,1	6,09	8,41	4,41	15,4	-0,6
1989	22,1	13,0	2,2	-0,9	-1,98	4,84	0,81	15,1	+2,1
1990	16,9	11,3	-3	-2,6	7,8	9	6,76	12,7	+ 1,4
1991	22,5	14,4	2,6	0,5	1,3	6,76	0,25	15,2	+0,8
1992	20,1	14,8	0,2	0,9	0,18	0,04	0,81	14,2	-0,6
1993	17,8	12,9	-2,1	-1	2,1	4,41	1	13,1	+0,2
1994	17,6	13,2	-2,3	-0,7	1,61	5,29	0,49	13,0	-0,2
1995	23,8	16,9	3,9	3	11,7	15,21	9	15,8	-1,1
Сумма	357,3	253,0	–	–	49,32	107,31	40,72	–	–
Среднее	19,8	14,1	–	–	–	–	–	14,1	$\pm 0,8$



белка, формируется при средней месячной температуре в июне от 16,0 до 19,5°C. При средней месячной температуре ниже 16°C формируется пшеница с белковостью меньше 12% [6,7,8].

В качестве показателя, позволяющего провести районирование, использовалась средняя месячная температура июня. При выборе этого показателя исходили из двух основных предпосылок: показатель должен легко рассчитываться по материалам стандартных наблюдений и, вместе с тем, быть высокоинформативным. Средняя месячная температура воздуха июня отвечает этим требованиям: она рассчитывается на всех метеорологических станциях, и коэффициент корреляции между содержанием белка в зерне яровой пшеницы и температуры июня в Саратовской области составляет 0,75 (станция Саратов ЮВ за 1978–1995 гг.).

По исследованиям А. Н. Деревянко была составлена карта средней многолетней температуры воздуха июня по европейской части России (рис. 1). На основании этих данных было проведено районирование территории по условиям, влияющим на формирование белка в зерне озимой и яровой пшеницы. Изотерма 19,5°C в июне проходит севернее Молдавии, далее по югу Самарской и Оренбургской областей. Поэтому высокое содержание белка в зерне яровой пшеницы отмечается в регионах, расположенных южнее данной изотермы.

Яровая пшеница с содержанием белка от 12,0 до 13,9% может быть районирована на территории со средней температурой воздуха в июне от 19,5 до 16,0°C. Такие температурные условия в среднем многолетнем разрезе характерны для большей части Украины, Белоруссии, Центрально-Черноземного района, юга Центрального района, городов Среднего Поволжья. В более северных районах климатические условия позволяют выращивать слабые пшеницы с содержанием белка менее 12,0% [7].

Учет только климатических факторов не позволяет характеризовать обеспеченность различных средних месячных значений температуры воздуха в июне, а следовательно, обеспеченность по годам определенного качества зерна. На основе данных о температуре воздуха в июне [9] за период с 1912 по 1998 г. по станциям Саратовской, Волгоградской, Астраханской областей и продленным до 2017 г. данным по станциям Саратовской области (Хвалынский, Балашов, Саратов, Ершов, Ал. Гай) были построены интегральные кривые, позволяющие учесть процентную обеспеченность различных средних месячных температур в июне в зависимости от средних многолетних ее значений (табл. 3, 4). Интегральные кривые, построенные для отдельных станций (рис. 2), позволили получить номограмму обеспеченности средней месячной температуры воздуха июня от 15 до 27°C при определенных средних ее значениях (рис. 3).

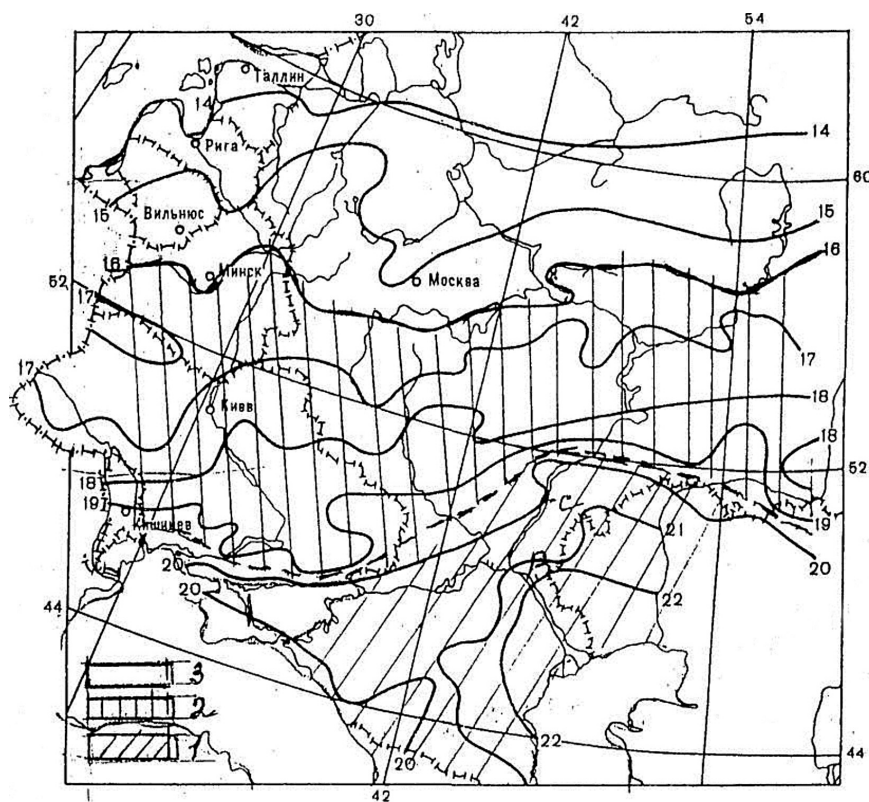


Рис. 1. Районирование европейской части России по условиям формирования содержания белка, %, в зерне пшеницы с учетом средней месячной температуры воздуха в июне, °С: содержание белка: 1 – не меньше 14; 2 – 12–13; 3 – меньше 12



Таблица 3

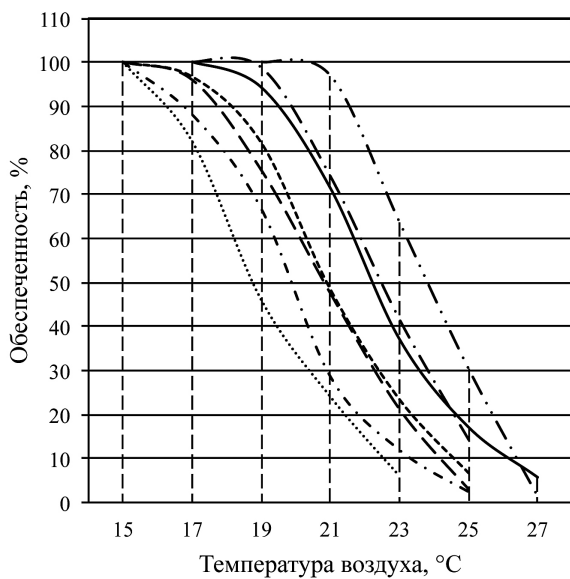
Повторяемость средней месячной температуры воздуха июня по градациям (число случаев), 1912–2017 гг.

Станция	Градация, °С							Σ числа случаев
	14–16	16,1–18	18,1–20	20,1–22	22,1–24	24,1–26	26,1–28	
Хвалынский	5	9	16	7	4	1	–	42
Балашов	9	18	11	9	3	–	–	50
Саратов	4	20	28	26	18	3	–	99
Ершов	2	9	20	15	10	4	–	60
Ал. Гай	–	2	8	12	7	4	2	35
Волгоград	–	1	19	25	21	11	–	77
Астрахань	–	–	2	23	23	20	1	69

Таблица 4

Обеспеченность, %, средней месячной температуры воздуха июня по градациям, 1912–2017 гг.

Станция	Градация, °С							Σ%
	14–16	16,1–18	18,1–20	20,1–22	22,1–24	24,1–26	26,1–28	
Хвалынский	11,9	21,4	38,1	16,7	9,5	2,4	–	100
Балашов	18	36	22	18	6	–	–	100
Саратов	4	20,2	28,3	26,3	18,2	3	–	100
Ершов	3,3	15	33,3	25	16,7	6,7	–	100
Ал. Гай	–	5,7	22,9	34,3	20	11,4	5,7	100
Волгоград	–	1,3	24,7	32,5	27,3	14,3	–	100
Астрахань	–	–	2,9	33,3	33,3	29,0	1,4	100



- · · · · Хвалынский
- · · · · Балашов
- — — Саратов
- — — Ершов
- Александров Гай
- · · · Волгоград
- · · · Астрахань

Рис. 2. Интегральные кривые для расчета процентной обеспеченности средней месячной температуры воздуха в июне по станциям: Хвалынский, Балашов, Саратов, Ершов, Александров Гай, Волгоград, Астрахань

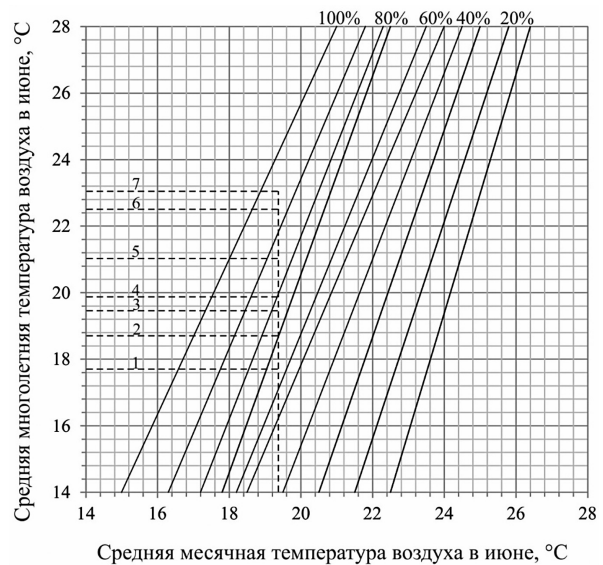


Рис. 3. Номограмма обеспеченности средней месячной температуры воздуха в июне при определенных средних многолетних значениях: 1 – Хвалынский; 2 – Балашов; 3 – Саратов; 4 – Ершов; 5 – Ал. Гай; 6 – Волгоград; 7 – Астрахань



По оси ординат на рис. 3 отложены значения средних многолетних температур в июне, а по оси абсцисс – значения ежегодных температур. В поле рисунка проведены наклонные линии обеспеченности средних месячных температур воздуха в июне в зависимости от территории.

Видно (см. рис. 2, 3), что при средней многолетней температуре воздуха в июне в Саратове, равной 19,5°C, зерно с содержанием белка (не менее 14%) формируется с обеспеченностью 70%.

На территории Волгограда и Астрахани со

средней месячной температурой июня 22,4, 22,9°C погодные условия позволяют собирать зерно яровой пшеницы с содержанием белка не менее 14% в 7–8 годах из 10 (см. рис. 3).

Среднее многолетнее содержание белка в зерне яровой пшеницы увеличивается с северо-запада на юго-восток: от 13,5% в Балашове до 15,4% в Астрахани (табл. 5). В засушливые годы почти по всему Нижнему Поволжью белковость составляет 15%, а в Волгограде и Астрахани – даже более 16%.

Таблица 5

Средняя многолетняя белковость яровой пшеницы, %

Показатель	Станции						
	Хвалы́нск	Саратов	Ершов	Балашов	Ал. Гай	Волгоград	Астрахань
Средняя многолетняя температура воздуха июня, °С (справочные данные)	17,7	19,4	19,9	18,6	21,0	22,4	22,9
Прогностическая белковость яровой пшеницы, %	13,0	13,8	14,1	13,5	14,6	15,2	15,4

Выводы

Яровая пшеница по сравнению с другими яровыми культурами (овсом, ячменем) при одинаковых условиях возделывания менее урожайна. Урожай ее в 2 раза, а в сухие годы в 3 раза меньше, чем озимой пшеницы, но белковость яровой пшеницы выше, чем озимой, да и твердые сорта пшениц возделываются в основном в яровых посевах. Возделывание этой культуры необходимо и экономически выгодно, так как она является ценнейшим пищевым продуктом. Использование ее в хлебопечении, макаронном или кондитерском производстве возможно лишь при условии определенного качества зерна. Таким образом, одной из основных задач при возделывании яровой пшеницы является не просто получение зерна, а получение зерна высокого качества.

Анализ приведенных результатов исследования позволяет принимать решения о структуре площадей выращивания сильных пшениц в среднем многолетнем разрезе. Номограмма дает возможность уточнить эти данные путем расчета процентной обеспеченности тех или иных температур июня, а следовательно, того или иного содержания белка по годам и по территории. Приведенные материалы могут быть использованы как в научном плане, так и в сельскохозяйственном производстве для рационального размещения зерновых культур в Саратовской области.

Библиографический список

1. Дегтярева Г. В. Погода, урожай и качество зерна яровой пшеницы. Л. : Гидрометеиздат, 1981. 216 с.
2. Дороганевская Е. А. Зависимость белковости зерна пшеницы от условий погоды // Доклад фенологической комиссии. Л. : Гидрометеиздат, 1966. Вып. 3. С. 10–15.
3. Ярошевский В. А., Топылева В. Л. Агрометеорологические показатели качества урожая яровой пшеницы // Метеорология и гидрология. 1969. № 8. С. 94–98.
4. Страшный В. Н. Влияние агрометеорологических условий на качество урожая озимой пшеницы // Метеорология и гидрология. 1975. № 10. С. 92–98.
5. Мель М. И. Географическое распределение белковости яровой пшеницы по территории СССР по связи с климатическими условиями // Труды / НИИ АК. 1959. С. 20–39
6. Дороганевская Е. А. Климатические факторы химизма сельскохозяйственных растений. Алма-Ата : Изд-во АН Казахской ССР, 1948. 212 с.
7. Дервянко А. Н. Агроклиматическое районирование Европейской части СССР по условиям формирования белковости зерна озимых культур // Труды / Ордена Ленина Гидрометеорологический Научно-исследовательский центр СССР. Вып. 301. Л. : Гидрометеиздат, 1988. С. 33–43.
8. Маттусен А. Е. К агроклиматическому районированию Нижнего Поволжья // Учёные записки Саратовского университета. 1959. Т. 72. С. 17–39.
9. Климатологический справочник СССР. Вып. 12. Метеорологические данные за отдельные годы. Ч. I. Температура воздуха. Л. : Гидрометеиздат, 1954. 431 с.

Образец для цитирования:

Пряхина С. И., Ормели Е. И. Районирование Саратовской области по условиям формирования белковости яровой пшеницы // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 1. С. 24–29. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-24-29>

Cite this article as:

Pryakhina S. I., Ormeli E. I. Zoning of the Saratov Region According to Formation of Protein in Spring Wheat. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2019, vol. 19, iss. 1, pp. 24–29 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-24-29>



УДК 551.4

Взаимодействия природных факторов и процессов в организации геосистем и устойчивое их развитие

Г. П. Скрыльник, П. С. Сорокин

Скрыльник Геннадий Петрович, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, skrylnik@tig.dvo.ru

Сорокин Павел Сергеевич, кандидат географических наук, научный сотрудник, Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, paveleco@mail.ru

Многие аспекты «взаимодействия» факторов и процессов (ФиП), являющиеся одними из центральных в любой науке и постоянно отличающиеся высокой актуальностью, до сих пор недостаточно исследованы, что присуще и современному естествознанию. В работе выделяются как основные взаимодействия природных ФиП следующие типы: гравитационное, геофизическое, геохимическое (включая биотическую составляющую), антропо-техногенное, геоинформационное. Их раздельное исследование проводится с применением методов «сквозного» изучения комплексной физико-географической оболочки – палеогеографического, геофизического, геохимического, биогеографического, картографического и математического. Для арены и результатов их взаимодействий характерна пространственно-временная дифференциация, обусловившая возникновение уровневой организации среды и по специфике соответствующая четырем основным иерархическим уровням: глобальному, континентальному, региональному, локальному или топологическому. В рамках этих уровней «взаимодействия ФиП» существенно разнятся. Эта специфика принципиально наиболее ярко проявляется в масштабной иерархии природных явлений и объектов. С изменением «взаимодействий ФиП» связана и динамика основных типов ландшафтогенеза: гигротермического, ксеротермического, гигрокриосного и ксерокриосного.

Ключевые слова: взаимодействия, устойчивость, геосистемы, уровни организации.

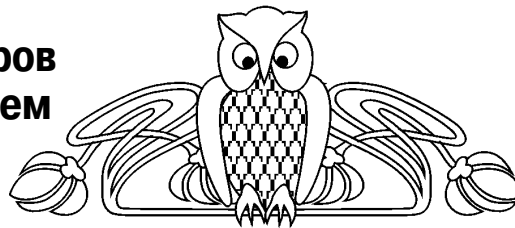
Interaction of Natural Factors and Processes in the Organization of Geosystems and their Sustainable Development

G. P. Skrylnik, P. S. Sorokin

Gennady P. Skrylnik, <https://orcid.org/0000-0001-6318-5186>, Pacific Geographical Institute, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, 7 Radio Vladivostok, Primorsky Krai 690041, Russia, skrylnik@tig.dvo.ru

Pavel S. Sorokin, candidate of geographical science, <https://orcid.org/0000-0002-2786-5026>, Pacific Geographical Institute, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, 7 Radio Vladivostok, Primorsky Krai 690041, Russia, paveleco@mail.ru

Many aspects of «interaction» of factors and processes, being the central ones in any science and constantly marked for their high



urgency, have not been sufficiently investigated so far that is also typical of modern natural sciences. The work defines five basic types of factors and processes: gravitational, geophysical, geochemical (including biotic component), anthropogenic/technogenic, and geo-informational. They are separately studied with methodical application of «interpenetrating» research of the geosphere components, i.e. palaeogeographical, geophysical, geochemical, biogeographical, cartographical, and mathematical. Spatial-temporal differentiation is typical for the results of their interactions. This differentiation conditioned the occurrence of the four-level organization of the environment and it corresponds to four basic hierarchical levels: global, continental, regional, and local (or topological). Within the framework of these levels the «interactions between factors and processes» are essentially different. This specificity manifests itself more essentially in scale hierarchy of the natural phenomena and objects. Dynamics of landscape genesis is connected with change of the basic types of «interactions between factors and processes»: the hydrothermic, xerothermic, hydrocryos and xerocryos ones.

Keywords: interactions, stability, geosystems, organizational levels.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-30-34>

Введение

Проблемы «взаимодействия» факторов и процессов (ФиП) постоянно являлись одними из центральных в любой науке и всегда отличались актуальностью. Несмотря на это, многие их аспекты до сих пор недостаточно исследованы, что присуще и современному естествознанию.

Известно, что «взаимодействие» (философская категория) – универсальная форма движения (развития), определяющая существование и структурную организацию любой материальной системы; одновременно отражает взаимное процессное воздействие и обусловленность и порождение одним объектом другого [1].

Цель исследования. Типы взаимодействий ФиП (факторов – причин и движущих сил процессов и явлений; Процессов – последовательных смен явлений и состояний в развитии объектов) в природе встречаются самые разнообразные, но круг основных объективно ограничен. Так, в физике основными являются четыре типа взаимодействия элементарных частиц: сильное, электромагнитное, слабое и гравитационное. В географии при изучении состоящей из характеризующихся сложными взаимосвязями подсистем комплексной физико-географической оболочки (КФГО) такого четкого обособления не проведено, но исходя из накопленного опыта в естествознании мы можем выделить как основ-



ные взаимодействия (между любыми видами материи – обычным веществом и физическими полями) следующие пять типов: гравитационное, геофизическое, геохимическое (включая биотическую составляющую), антропо-техногенное и геоинформационное (таблица).

Материал и методы исследования

Раздельное исследование вышеуказанных взаимодействий, по нашему мнению, возможно с применением методов «сквозного» изучения КФГО – палеогеографического, геофизического, геохимического, биогеографического, картографического и математического. Сквозное взаимодействие и взаимодействие подсистем КФГО (лито-, атмо-, гидро-, педо-, фито- и зоосферы) выражается в обмене веществом, энергией и информацией [2–6].

КФГО и ее системные компоненты на протяжении всей эволюции (от зарождения – более 4,5 млрд лет – до наших дней) испытывали сложное формирующее воздействие различных факторов и процессов (типичных, экстремальных – критических и кризисных, катастрофических), суммарно обозначивших общую тенденцию развития [7]. Развитие КФГО в настоящее время осуществляется под управлением двух главных взаимодействующих факторов (сил) – естественных и антропогенных. К настоящему времени системоформирующие антропогенные факторы и процессы стали принципиально равнозначными с эндогенными и экзогенными.

Антропогенизация ландшафтов Дальнего Востока протекает на всех уровнях и проявля-

ется в той или иной степени в их аридизации и криотизации [8]. Таким образом, КФГО и ее составляющие сформировались в ходе сложного пространственно-временного комплексирования всех пяти типов взаимодействий и разнопланового сочетания результатов «взаимодействий ФиП» (космических – экзогенных – эндогенных – антропогенных), сопровождавшихся соответствующим «межобъектным» обменом вещества, энергии и информации. При этом такой обмен – 2-векторный (из-за причинной связи «действие–противодействие») – формирует два количественно соизмеримых, но качественно противоположных системоформирующих потока – конструктивный и деструктивный. Динамическое взаимодействие двух потоков вещества, энергии и информации противоположной направленности предопределяет формирование, развитие и саморегулирование геосистем и тем самым обуславливает их спонтанное стремление к состоянию динамического равновесия [3].

Для арены и результатов «взаимодействий ФиП» характерна пространственно-временная дифференциация, обусловившая возникновение 4-уровневой организации КФГО и по специфике соответствующая четырем основным иерархическим уровням: глобальному, континентальному, региональному, локальному или топологическому. В рамках этих уровней «взаимодействия ФиП» существенно разнятся. Эта специфика принципиально наиболее ярко проявляется в масштабной иерархии природных явлений и объектов (например, в соответствующей им «размерности» рельефа: мега-, мега- и макро-, макро- и мезо-, мезо- и микроформ).

Принципиальная схема взаимодействий факторов и процессов в рамках географической оболочки

Взаимодействия (типы)	Причинные связи, проявления и следствия
Гравитационное	Универсальное – самостоятельное, дополнительно присутствует при всех остальных; протекает под воздействием силы тяжести, имеет характер притяжения; всегда участвует в организации геосистем
Геофизическое	Осуществляется из-за термо-, гидро- и барических градиентов; сопровождается механическим дроблением и структурированием вещества без изменения его минералогического состава. Ответственно за «жесткие» внутри- и межкомпонентные и межсистемные связи, обеспечивающие устойчивость (и ее рамки) геосистем
Геохимическое (включая биотическую составляющую)	Проходит с участием химических реакций, приводящих к глубоким преобразованиям вещества – тонкому измельчению, «тонкому» структурированию и «минералогическому» его изменению. Биотическая составляющая обеспечивает усвоение солнечной энергии с целью продуцирования и «накопления» биовеществ. Отвечает за приобретение геосистемами свойств пластичности, что «смягчает» воздействия и повышает общую их устойчивость; в итоге время релаксации геосистем в новых условиях сокращается
Антропо-техногенное	Проявляется не только в сложных трансформациях естественных видов энергии и вещества, но и в порождении и направленно возрастающем «включении» в естественный тепломас-сообмен Земли «чуждых» ей видов энергии и техновеществ из-за хозяйственной деятельности человека. В целом снижает пороги устойчивости естественных геосистем, формируя экологические риски; нарушает ритмы и циклы эволюционно устойчивого развития, на кризисных уровнях вызывая техногенные катастрофы
Геоинформационное	Сопровождает вышеперечисленные; запечатлевается в «структурной памяти» рельефа и стратификации вещества; специфически реализуется в организации новообразованных структур

Таблица составлена Г. П. Скрыльником.



Результаты исследования и их обсуждение

Основной системоформирующий процесс КФГО – физико-географический. Его энергетическая база – естественно складывающееся соотношение тепла и влаги на конкретном ветровом фоне. В рамках КФГО для него присущи характерные колебания, наиболее ярко обозначенные на ее основных уровнях: периодические – на глобальном; циклические – на континентальном; ритмические – на региональном; сезонные и погодные – на топологическом. Более сложная картина прослеживается по трансграничным уровням («контактным подсистемам»), обладаю-

щим известной пластичностью и выполняющим разделительно-барьерную роль, а в случае антропогенного воздействия на геосистемы (ГС) – буферную стабилизирующую [7]. КФГО, и в частности геоморфосфера (ГМС), на протяжении всей эволюции (на стреле времени по спирали) испытывала эффект различных по интенсивности «взаимодействий ФиП» (типичных, экстремальных – критических и кризисных, катастрофических), суммарно обозначивших общую тенденцию ее развития (рис. 1).

При этом с изменением «взаимодействий ФиП» связана и динамика основных типов ландшафтогенеза: гигротермического, ксеротермического,



Рис. 1. Принципиальная схема энергетических и динамических соотношений типичных и аномальных процессов в организации геосистем Земли (сост. Г. П. Скрыльник)

гигрокриосного и ксерокриосного (рис. 2). Более того, в каждом регионе Земли, энергетически контролируемого конкретным соотношением тепла и влаги, история развития природы отражалась в метакронности всех этих событий. В многообразии облика и внутреннего единства (в частности, 4-уровневой организации) КФГО отражены результаты периодических, циклических и ритмических колебаний развития (долгопери-

одных), включая динамику (среднепериодные) и функционирование (современные процессы эндо-, экзо- и антроподинамики) в различных временах. Эти процессы и факторы предопределили направленное развитие КФГО, сопровождавшееся во времени упорядоченностью и усложнением ее организации с элементами самоорганизации.

Особенности организации (структуры и функционирования) геосистем в различных регионах Земли отличаются многообразием. Так, например, в пределах российского Дальнего Востока они определяются:

- географическим положением на гидродинамически напряженной границе двух величайших физико-географических структур – Азиатского континента и Тихого океана, большей своей частью в самой активной полосе их противоречивого взаимодействия;

- связанной с этим очень высокой изменчивостью в пространстве и во времени не только самих биогенных и абиогенных составляющих и их соотношений, но и, что особенно важно, результата многопланового взаимодействия косного и живого в геосистемах региона [8].

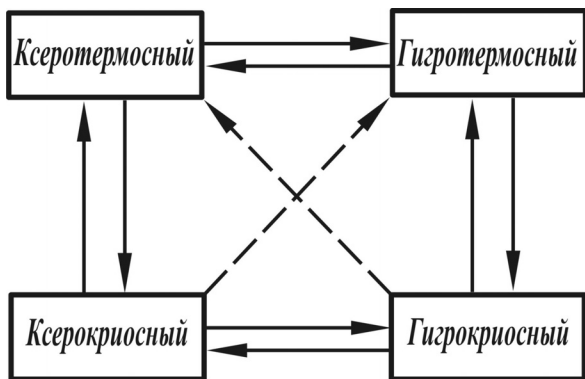


Рис. 2. Принципиальная энергетическая схема организации основных типов ландшафтов (сост. Г. П. Скрыльник)



Устойчивость общих ГС на всех уровнях КФГО формируется в результате конкретных «взаимодействий ФиП». Они отличаются большой сложностью и разнообразием, что во многом предопределяется многоплановым участием в строении КФГО различного вещества (живого, косного, техногенного; в трех агрегатных состояниях; и др.). Поэтому устойчивость общих ГС является результирующей сложного комплексирования компонентных (геоморфологических, почвенных, гидроклиматических, мерзлотных, фито- и зооценологических и т. д.) и иерархически разных геосистем (фаций, урочищ, ландшафтов, районов, провинций, зон, поясов). При этом наибольший вклад в формирование устойчивости любой общей геосистемы вносит соответствующая геоморфологическая система (рельеф и рельефообразующие лито-, хионо- и биосубстраты) из-за ее консервативности и заметно меньший – фитоценологическая, благодаря повышенной своей пластичности. Следовательно, от устойчивости геосистем во многом зависит и устойчивость КФГО, а также устойчивое развитие территории [7, 8].

Естественные и (или) антропогенные воздействия в зависимости от вида (фактор, процесс, условия), формы (прямого или опосредованного), масштаба (площадного, линейного или точечного) и кратности (единичного, многократного или постоянного) по-разному влияют на устойчивость геосистем [6, 8]. При этом здесь важны характеристики морфометрических показателей и вещественно-энергетических потоков, которые являются основой выделения пороговых значений, фиксирующих различные стадии функционирования и динамики, а следовательно, и устойчивости (как частного случая изменчивости) геосистем.

На протяжении значительного отрезка истории Земли (в течение последних 4,5 млрд лет) характер «взаимодействий ФиП» направлен и усложнялся и поэтапно изменялся. Основными вехами на этом пути явились в КФГО: появление живого вещества и «связывание» им (вплоть до захоронения) аккумулируемой солнечной энергии; антропогенное изменение «деятельной поверхности» Земли; техногенное (вещественное и тепловое) загрязнение атмосферы и других компонентных оболочек; в Ноосфере – создание искусственных биосистем [8].

Целостность в КФГО и ее компонентов создается сохранностью естественно заданной системы природных взаимодействий и взаимообусловленностью чередующихся противоположностей, как переход друг в друга (факторов, процессов и явлений). Вероятно, взаимосвязи и взаимодействия в этой системе могут быть соотнесены с противоположностями «инь и ян», которые иллюстрирует хорошо известная схема Тай цзи ту (рис. 3) [9].

Так, круг из двух равных половин – целостность, образованная взаимосвязанными и взаимообусловленными силами, в ходе цикличности их взаимодействий; волнистая граница двух его



Рис. 3. Многоплановые противоположности «инь-ян»

половин, белой и черной – динамика взаимодействия сил, а также возможность перехода одной в другую; белая и черная точка на противоположных фонах – «зародышевое» состояние будущих превращений, внутренняя взаимосвязь, взаимопроникновенность полярностей [9, с. 35].

Следует отметить, что попытки использования идей «инь-ян» и применения отмеченной схемы в естествознании предпринимались неоднократно. Например, великий физик Нильс Бор применил эту схему для иллюстрации «принципа относительности».

Широкие возможности для этого открываются и в географии, и геоморфологии. Приведем некоторые примеры: а) полярные полушария Земли (Северное – Южное, Западное – Восточное), взаимодействия между которыми сказываются на типах циркуляции атмосферы и движении литосферных плит; б) континент – океан, в системе взаимодействия которых рождается сезонная ритмика (внутригодовая вещественно-энергетическая пульсация), выражающаяся во внетропических областях в усилении широтной зональности (особенно климоморфогенеза) летом и долготной сезонности зимой; явления континентальности и океаничности, северные и южные рельефообразующие влияния; геоморфологические циклы и стадии развития рельефа.

Заключение

Функционирование географических систем в конечном выводе обеспечивается суммарным вкладом системоформирующего взаимодействия четырех факторов (сил): экзогенных (в первую очередь, климатических), эндогенных (прежде всего, тектонических), изостатических и антропогенных, протекающего в различных геофизических обстановках-полях (гравитационном, тепловом, магнитном, плотностном, фазового состава и др.).

Подчеркнем, что всесторонний учет эффектов «взаимодействий ФиП», естественных и антропогенных, необходим для планирования устойчивого развития всех систем Земли и, следовательно, для обеспечения рационального природопользования.



Библиографический список

1. Советский энциклопедический словарь / гл. ред. А. М. Прохоров. М. : Советская энциклопедия, 1987. 1600 с.
2. Смольянинов В. М., Немыкин А. Я. Общее землеведение : литосфера, биосфера, географическая оболочка : учеб.-метод. пособие. Воронеж : Истоки, 2010. 193 с.
3. Поздняков А. В. К теории спонтанной самоорганизации сложных структур // Самоорганизация и динамика геоморфосистем. Томск, 2008. С. 30–43.
4. Веснин В. Р. Менеджмент : учебник. М. : Изд-во Проспект, 2009. 504 с.
5. Klimentko V. V., Tereshin A. G. World Energy and Climate in the Twenty-First Century in the Context of Historical Trends : Clear Constraints to the Future Growth // Journal of Globalization Studies. 2010. Vol. 1, № 2. P. 30–43.
6. Чурьнин В. И. Нелинейные явления в геосистемах. М. : Наука, 2008. 199 с.
7. Скрыльник Г. П. Взаимоотношения континентальности, океаничности и аномальных явлений и процессов на юге российского Дальнего Востока // Геосистемы и их компоненты в Северо-Восточной Азии : эволюция и динамика природных, природно-ресурсных и социально-экономических отношений. Владивосток : Дальнаука, 2016. С. 106–112.
8. Скрыльник Г. П. Роль специфических природных обстановок в трансформациях и устойчивости геосистем юга Дальнего Востока // Материалы XV Совещания географов Сибири и Дальнего Востока. Улан-Удэ ; Иркутск ; Владивосток : Изд-во Института географии им. В. Б. Сошавы СО РАН, 2015. С. 455–458.
9. Еремеев В. Е. Чертеж антропокосмоса. М. : АСМ, 1993. 384 с.

Образец для цитирования:

Скрыльник Г. П., Сорокин П. С. Взаимодействия природных факторов и процессов в организации геосистем и устойчивое их развитие // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 1. С. 30–34. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-30-34>

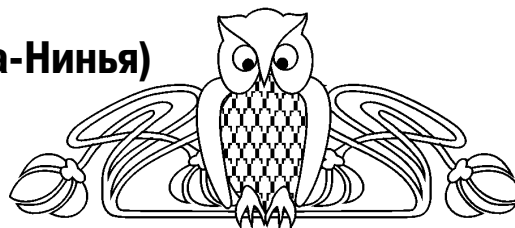
Cite this article as:

Skrylnik G. P., Sorokin P. S. Interaction of Natural Factors and Processes in the Organization of Geosystems and their Sustainable Development. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2019, vol. 19, iss. 1, pp. 30–34 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-30-34>



УДК 551.521.1

Мониторинг событий Эль-Ниньо (Ла-Нинья) в Тихом океане по данным спутниковых радиометров ИКОР-М



М. Ю. Червяков, А. А. Спиряхина

Червяков Максим Юрьевич, доцент кафедры метеорологии и климатологии, кандидат географических наук, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, chervyakovmu@mail.ru

Спиряхина Анастасия Андреевна, студент кафедры метеорологии и климатологии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, kafmeteo@mail.ru

В статье рассматриваются результаты анализа пространственно-временного распределения составляющих радиационного баланса Земли в тропической части Тихого океана во время событий Эль-Ниньо (Ла-Нинья), полученные с помощью радиометров ИКОР-М на ИСЗ «Метеор-М» № 1 и № 2, а также их сопоставления с данными температуры поверхности океана.

Ключевые слова: радиометр, ИКОР, Эль-Ниньо, Ла-Нинья, коротковолновая радиация, альbedo, поглощенная солнечная радиация, температура поверхности океана.

Monitoring El Nino (La Nina) Events in the Pacific Ocean According to the Satellite Radiometers IKOR-M

M. Yu. Cherviakov, A. A. Spiryakhina

Maksim Yu. Cherviakov, <https://orcid.org/0000-0002-7641-3392>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya Str., Saratov 410012, Russia, chervyakovmu@mail.ru

Anastasia A. Spiryakhina, <https://orcid.org/0000-0002-0286-3809>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya Str., Saratov 410012, Russia, kafmeteo@mail.ru

This report describes the analysis of space-time distribution of the Earth's radiation balance components in the Pacific Ocean during El Nino (La Nina) obtained using IKOR-M radiometers at the «Meteor-M» satellite No. 1 and No. 2 are analyzed, as well as the results of their comparison with the data of the sea surface temperature.

Keywords: radiometer, IKOR, El Nino, La Nina, short-wave radiation, albedo, absorbed solar radiation, sea surface temperature

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-35-41>

Введение

На географическом факультете Саратовского национального исследовательского государственного университета им. Н. Г. Чернышевского продолжают исследования составляющих радиационного баланса Земли (РБЗ) на основе данных, получаемых с российских гидрометеорологических космических аппаратов нового поколения.

На сегодняшний момент успешно работают два прибора, сконструированные профессором Ю. А. Склярковым (1931–2014): ИКОР-М (Измеритель коротковолновой отраженной радиации), установленный на борту гелиосинхронного ИСЗ «Метеор-М» № 2, и ИСП-2М (Измеритель солнечной постоянной) – на борту геостационарного ИСЗ «Электро-Л».

Результаты спутниковых измерений сначала поступают в Научный центр оперативного мониторинга Земли, г. Москва (НЦОМЗ), затем в Лабораторию исследования составляющих радиационного баланса Земли СГУ [1]. За годы работы измерителей собран большой массив данных по отдельным элементам РБЗ, который позволил провести ряд исследований изменчивости земной климатической системы [2, 3]. Оценивались пространственно-временные вариации величин альbedo и поглощенной солнечной радиации (ПСР) для различных регионов Земли, таких как Амазонская низменность, район воздействия Юго-Восточного азиатского муссона, пустыня Сахара и др. [4–9].

Данная работа посвящена исследованию пространственно-временных вариаций величин альbedo, ПСР и температуры водной поверхности в тропической части Тихого океана во время событий Эль-Ниньо (Ла-Нинья). Результаты оценок могут быть полезны при мониторинге и прогнозировании этих явлений, а также при климатическом моделировании атмосферных процессов в Тихоокеанском регионе.

Используемые данные измерений

Для изучения пространственно-временных вариаций составляющих РБЗ в тропической области Тихого океана использовались данные измерений двух радиометров ИКОР-М. Эти приборы предназначены для измерения потоков отраженной коротковолновой солнечной радиации в диапазоне 0,3–4 мкм, в который входят: часть ультрафиолетовой радиации, весь видимый спектр и часть ближней инфракрасной радиации. Результаты регистрации такого спектра отраженной солнечной радиации позволяют получать величины альbedo и ПСР, отнесенные к верхней границе атмосферы (ВГА) [2].

Первый радиометр ИКОР-М был установлен на гидрометеорологическом ИСЗ нового поколения «Метеор-М» № 1, который был запущен в космос в 2009 г. Данный измеритель проработал на



орбите вплоть до сентября 2014 г., что позволило получить данные практически за пять лет. Прибор функционировал нормально, информация с него поступала в НЦОМЗ без сбоев, за исключением дней, когда проводились плановые профилактические работы.

В результате работы первого радиометра ИКОР-М возникла необходимость провести анализ возможного изменения его способности корректного измерения потоков отраженной солнечной радиации. Оказалось, что в течение времени приемный элемент радиометра уменьшал свою чувствительность. Такое изменение могло возникнуть в результате снижения прозрачности стеклянного фильтра из-за загрязнения его поверхности пылью или другими мелкими частицами.

Относительно малая величина изменения чувствительности позволила учесть ее во время обработки проведенных радиометром измерений. Для оценки изменения чувствительности подходят безоблачные участки земной поверхности. В качестве подобного тестового участка был выбран район в пустыне Сахара. В результате анализа величин альbedo для этого участка был выявлен линейный тренд, который был учтен при дальнейших расчетах [10].

Как уже отмечалось ранее, с августа 2014 г. и по сей день на борту ИСЗ «Метеор-М» № 2 работает измеритель ИКОР-М, аналогичный запущенному ранее. Он функционирует уже примерно пять лет, в течение которых не возникло никаких существенных проблем с регистрацией потоков отраженной коротковолновой солнечной радиации. Информация со спутника передается в штатном режиме и оперативно пополняет базы данных о составляющих РБЗ.

Радиометры ИКОР-М, установленные на гидрометеорологических спутниках серии «Метеор-М», идентичны. Оба прибора являются надириными, со скоростью регистрации потоков отраженной коротковолновой радиации раз в секунду. Так как оба измерителя были установлены на гелиосинхронных спутниках с похожими параметрами орбиты, то алгоритм и методика обработки результатов у них одинаковы.

В августе 2014 г. «Метеор-М» № 1 и 2 проработали совместно, что позволило установить соответствие шкал этих приборов. В результате сравнения данных был рассчитан коэффициент для приведения величин потоков отраженной коротковолновой радиации и значений альbedo, полученных по измерениям ИКОР-М первого спутника, к шкале измерителя второго [10], таким образом, непрерывные наблюдения составляющих РБЗ длятся уже примерно 10 лет. Это самый длительный ряд спутниковых наблюдений в России и один из самых продолжительных в мире.

Для анализа термических условий поверхностного слоя воды в акватории тропической части Тихого океана использовался расширенный

набор данных температуры поверхности океана (ТПО) «Extended Reconstructed Sea Surface Temperature» (ERSST). Этот архив представляет собой набор ежедневных и среднемесячных величин ТПО, поступающих с международной океанологической сети наблюдений ICOADS.

Ежедневные и среднемесячные данные ТПО имеют пространственное разрешение $2^\circ \times 2^\circ$ географической сетки координат. Архив данных о температуре поверхности океана с января 1854 г. по настоящее время размещен на сайте Climate Prediction Centre NOAA [11]. База данных ERSST также включает аномалии температуры поверхности океана (АТПО). Подробное описание содержания базы данных ERSST (версия 4) и методология получения значений ТПО опубликованы в работе [12].

Пространственно-временные вариации альbedo и ПСР во время событий Эль-Ниньо (Ла-Нинья)

Изучение составляющих РБЗ в тропической части Тихого океана позволяет производить мониторинг событий Эль-Ниньо (Ла-Нинья), которые хорошо проявляются в поле величин альbedo и ПСР [13–16]. Параллельные наблюдения и сопоставления с данными ТПО могут быть использованы для более глубокого понимания механизмов возникновения и развития таких климатических аномалий в океане.

Термином Эль-Ниньо (ЭН) называют исключительные явления, охватывающие почти всю тропическую часть Тихого океана. Эль-Ниньо является наиболее ярким примером короткопериодной изменчивости климата (на межгодовых масштабах). ЭН проявляется как повышение ТПО в экваториальной части Тихого океана.

При нормальных условиях поверхность океана у побережья Южной Америки, как правило, более холодная, чем в окружающих районах. Эта закономерность объясняется присутствием там Перуанского холодного течения и апвеллингом холодной воды. С периодичностью примерно в несколько лет, чаще всего в декабре–январе, здесь появляется тёплое течение, направленное с запада на восток и далее на юг, которое способствует опусканию холодных вод. Это течение не распространяется дальше северного Перу и развивается до марта–апреля. Однако в отдельные годы потепление может быть более интенсивным, сохраняться в течение длительного времени и охватывать почти всю тропическую часть Тихого океана. Вместо ежегодного охлаждения, наступающего в марте–апреле, поверхностные воды продолжают нагреваться на большей части экваториальной области Тихого океана. Температура поверхности океана может оставаться выше средней климатической нормы в течение года и более [17].

Используя данные поглощённой солнечной радиации и альbedo, полученные с помощью



радиометров ИКОР-М, была оценена возможность обнаружения явления ЭН в Тихом океане. Для анализа был использован ряд спутниковых данных альbedo и ПСР с января 2010 г. по январь 2019 г. Методика и алгоритм расчета среднесуточных и среднемесячных величин, построения карт составляющих РБЗ подробно изложены в работах [2, 3]. Архив карт распределения отраженной коротковолновой радиации, альbedo и ПСР, по данным гидрометеорологических спутников «Метеор-М» № 1 и 2, размещен на сайте Лаборатории исследования составляющих РБЗ СГУ [18]. Все карты альbedo по результатам работы первого радиометра ИКОР-М опубликованы в атласе альbedo [19].

Согласно данным NOAA [11], за период работы радиометров ИКОР-М наблюдалось два явления ЭН: в 2009 – 2010 гг. и в 2015 – 2016 гг., причем последнее было одно из самых интенсивных событий, наблюдаемых инструментально.

Анализ имеющегося архива карт распределения среднемесячных величин альbedo выявил хорошо прослеживающийся годовой ход значений альbedo в экваториальной части Тихого океана. Зимой наблюдается повышение значений альbedo до 15–20% – в центре Тихого океана, до 30% – на западе, а летом прослеживается уменьшение в этих областях. В восточной части океана годовой ход величины альbedo противоположен: в январе-

феврале значения понижаются до 15–20%, летом в данном регионе наблюдаются высокие значения – до 35%.

В районе 180° долготы (165° в.д. – 175° з.д.) в январе–феврале 2010 г. (пик ЭН) формируется область с высокими значениями альbedo 35–40%, связанная с развитием мощной конвективной облачности, вызванной повышением ТПО, в отдельных областях значения достигали 45%.

Наиболее сильное и продолжительное событие Эль-Ниньо в 2015–2016 гг. привело к повышению значений альbedo до 40% в районе 160° в.д. в июне 2015 г. и несколько восточнее – в январе 2016 г.

С развитием впоследствии Ла-Нинья летом 2011 г. и 2016 г. область высоких значений альbedo исчезает. Повышение ТПО на западе Тихого океана в период Ла-Нинья способствует формированию там конвективной облачности, приводящей к увеличению альbedo до 35%.

Для более детального анализа пространственно-временных вариаций составляющих РБЗ были рассчитаны среднемесячные величины альbedo и ПСР для стандартных регионов мониторинга Эль-Ниньо (Ла-Нинья), расположенных в экваториальной части Тихого океана (рис. 1). Обычно выделяют пять областей, для которых оценивают интенсивность этих событий, они условно называются Nino 1, Nino 2, Nino 3, Nino 4 и комбинированный регион Nino 3.4.

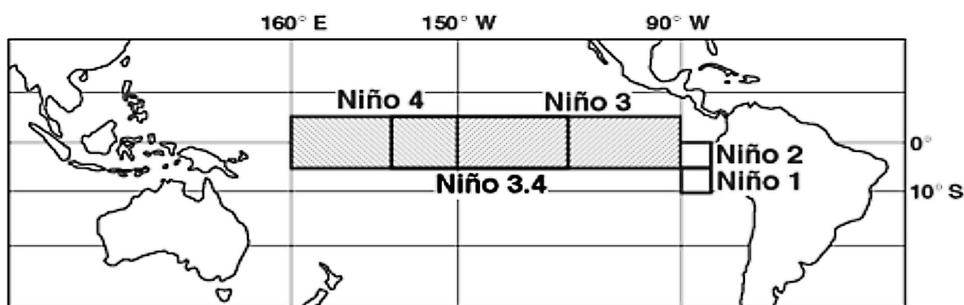


Рис. 1. Карта-схема расположения пяти регионов в экваториальной части Тихого океана для мониторинга Эль-Ниньо (Ла-Нинья)[21]

Для расчета среднемесячных величин по данным регионам была использована программа редактирования и анализа полей для ИКОР «IKOR Fields Editor» [20]. В случае отсутствия данных измерений производилась временная интерполяция для каждого рассматриваемого региона.

Проведенный анализ величин альbedo и ПСР для стандартных областей Nino с 2010 по 2019 г. позволил установить наиболее показательные регионы для выявления событий Эль-Ниньо. Такими регионами оказались Nino 4 и Nino 3.4

В качестве примера на рис. 2, а представлена изменчивость величин альbedo за рассматриваемый период для региона Nino 4 в виде графика, а также полиномиальная линия тренда (3 степени свободы), максимумы которой соответствуют

периодам развития ЭН. Значения среднемесячных величин альbedo в данном регионе во время событий Эль-Ниньо достигали 25–30%, при среднем значении 16%.

Изменение значений поглощенной радиации, представленное на рис. 2, б, также ярко выражено в данном регионе. Наблюдается понижение до 314 Вт/м² в январе 2010 г., до 304 Вт/м² в июне 2015 г. и в декабре 2015 г. (при среднем значении для данной территории – 350 Вт/м²).

Исходя из проведенного анализа, можно сделать заключение о том, что среднемесячные величины альbedo и ПСР для регионов мониторинга Эль-Ниньо могут быть использованы для определения фаз развития и интенсивности таких аномалий в Тихом океане.

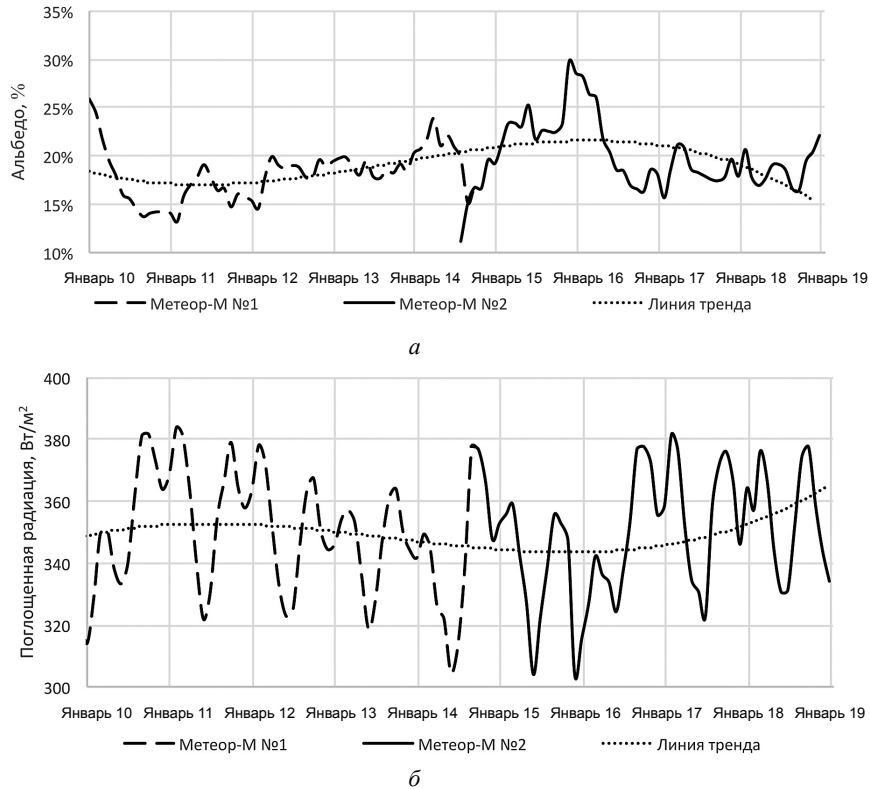


Рис. 2. Временной ход значений альbedo (а) и поглощенной солнечной радиации (б) в регионе Niño 4 за период с января 2010 г. по январь 2019 г.

Взаимосвязь величин составляющих РБЗ и ТПО во время событий Эль-Ниньо (Ла-Нинья)

Во время событий Эль-Ниньо (Ла-Нинья) в тропической части Тихого океана происходит повышение ТПО и изменение циркуляционных условий атмосферы. Вследствие таких изменений отмечается интенсификация образования конвективной облачности в одних районах и ее уменьшение в других. Прежде всего изменения в облакообразовании происходят в результате смещения циркуляционной ячейки Уокера, которая мигрирует вслед за областью с повышенными значениями ТПО. Очевидно, что в результате таких процессов меняется и энергетический режим в данном регионе.

В настоящей работе было произведено сопоставление данных среднемесячных величин составляющих РБЗ со среднемесячными значениями ТПО по данным архива ERSST [12]. Для каждого региона Niño были рассчитаны коэффициенты корреляции между альbedo и ТПО, а также между ПСР и ТПО для всего рассматриваемого периода времени (таблица). Коэффициенты корреляции рассчитывались по среднемесячным величинам за весь период с января 2010 по январь 2019 г. (109 значений) и за каждый календарный год по отдельности.

Наибольшая связь между величинами альbedo и ТПО в годы с событием Эль-Ниньо наблюда-

лась в регионах Niño 4 и 3.4. В 2010 г. в регионе Niño 4 коэффициент корреляции (КК) составил 0,85 и 0,86 в регионе Niño 3.4.

Стоит отметить, что максимальный КК в 2010 г. отмечался в регионе Niño 1+2, который был отрицательным $КК = -0,88$. Это связано с тем, что в данном регионе при росте значений ТПО величина альbedo не возрастала.

В 2015 г. и в 2016 г., когда наблюдалось самое интенсивное событие Эль-Ниньо за рассматриваемый период, годовые коэффициенты корреляции были равны 0,57 и 0,72 для региона Niño 4, а для региона Niño 3.4 составил 0,75 и 0,90. В регионе Niño 1+2 коэффициенты были равны -0,71 и -0,57. Несмотря на то что расчет коэффициентов корреляции осуществлялся для стационарных регионов, они имеют достаточно большую величину. Для более точной связи альbedo и ТПО необходимо учитывать динамику и перемещение зон с максимальной величиной АТПО. Этот вопрос требует более детального изучения, в особенности для неканонических событий ЭН (так называемые Эль-Ниньо Модокки), которые наблюдаются в центральной части экваториальной зоны Тихого океана [17].

В настоящей работе отдельно рассматривалась связь между значениями поглощенной солнечной радиации и ТПО (см. таблицу). Для регионов Niño 3, 4 и 3.4 наблюдалась отрицательная зависимость, а для региона Niño 1+2 – положительная.



Коэффициенты корреляций между среднегодовыми значениями составляющих РБЗ и ТПО за период с 2010 по 2018 г.

Регион	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Альbedo и ТПО									
Nino 1+2	-0,88	-0,87	-0,79	-0,92	-0,94	-0,71	-0,57	-0,89	-0,91
Nino 3	0,35	-0,26	-0,52	-0,76	0,20	0,67	0,47	-0,88	-0,64
Nino 4	0,85	0,86	0,65	-0,71	-0,36	0,57	0,72	0,25	-0,13
Nino 3.4	0,86	0,78	0,20	0,42	0,25	0,75	0,90	-0,48	0,05
ПСР и ТПО									
Nino 1+2	0,72	0,55	0,51	0,81	0,45	0,51	0,69	0,69	0,74
Nino 3	-0,05	-0,21	-0,18	0,25	-0,37	-0,39	0,10	0,33	0,00
Nino 4	-0,86	-0,77	-0,45	-0,37	-0,03	-0,51	-0,91	-0,66	-0,21
Nino 3.4	-0,68	-0,73	-0,60	-0,52	-0,39	-0,52	-0,70	-0,56	-0,40

Значительные коэффициенты корреляции во время событий Эль-Ниньо для региона Nino 4 отмечались в 2010 г. (-0,86) и в 2016 г. (-0,91), для региона Nino 3.4 отмечались в 2010 г. (-0,68) и в 2016 г. (-0,70) и для региона Nino 1+2 коэффициенты были равны 0,72 (2010 г.) и 0,69 (2016 г.).

Для региона Nino 3 не было выявлено существенной взаимосвязи ТПО ни с величинами альbedo, ни с ПСР.

График распределения отклонений от среднего значения ТПО и альbedo для региона Nino 4 за период с января 2010 г. по январь 2019 г. представлен на рис. 3, а. Значения отклонений ТПО и

величин альbedo рассчитывались относительно средних значений, полученных за период работы радиометров ИКОР-М. Для удобства анализа графиков ось ординат для них общая, а значения отклонений средних величин альbedo умножены на коэффициент $b = 30$. Коэффициент корреляции между величинами альbedo и ТПО за период с января 2010 г. по январь 2019 г. составляет 0,66.

График распределения отклонений от среднего значения ТПО и поглощенной солнечной радиации для региона Nino 4 представлен на рис. 3, б. Значения отклонений для поглощенной радиации умножены на $b = 0,05$. Коэффициент

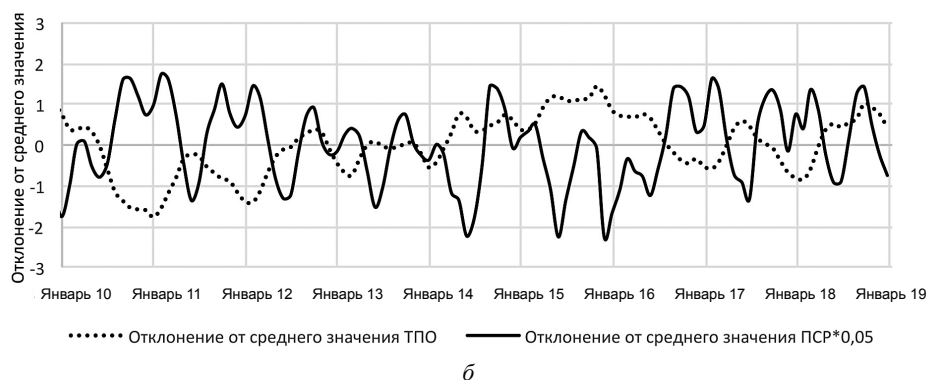
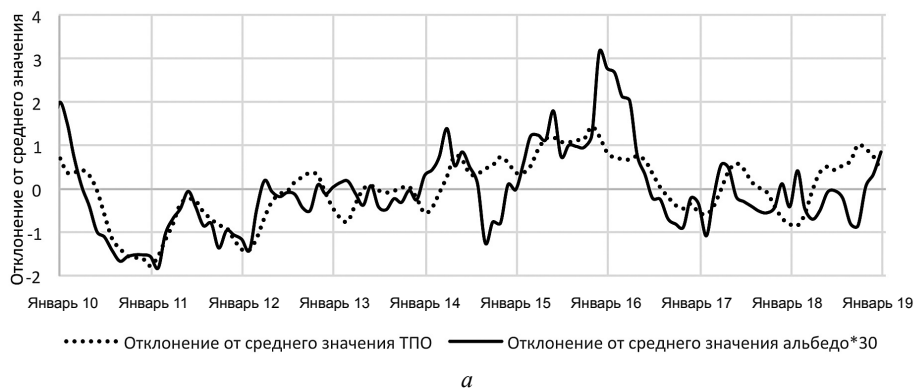


Рис. 3. Распределение отклонений от среднего значения альbedo и ТПО (а), отклонений от среднего значения ПСР и ТПО (б) для региона Nino 4 за период с января 2010 г. по январь 2019 г.



корреляции между ПСР и ТПО за период с января 2010 г. по январь 2019 г. отрицательный и составляет $-0,54$.

Анализ коэффициентов корреляции между альбедо и ТПО за весь период времени (январь 2010 г. – январь 2019 г.) вне зависимости, наблюдалось ли явление Эль-Ниньо или нет, показал, что для регионов Nino 4 и Nino 1+2 они оказались максимальными: $0,66$ и $-0,64$ соответственно. Для региона Nino 3.4 коэффициент составил $0,53$ и для региона Nino 3 равен $-0,08$.

Максимальные коэффициенты корреляции между ПСР и ТПО наблюдались для региона Nino 4 ($КК = -0,54$) и для Nino 1+2 ($КК = 0,59$). Для региона Nino 3.4 коэффициент составил $-0,50$ и для региона Nino 3 равен $-0,04$.

В целом для оценки взаимосвязи ТПО с составляющими РБЗ могут быть использованы как величины альбедо, так и ПСР. Наибольший отклик на изменчивость ТПО проявляется в поле альбедо. Для некоторых лет с событием ЭН коэффициент корреляции превышал $0,9$. Найденные связи ТПО и составляющих РБЗ свидетельствуют о том, что энергобалансовый режим экваториальной части Тихого океана зависит от событий Эль-Ниньо (Ла-Нинья), оказывая влияние на изменчивость климатической системы тропических широт.

Заключение

Среднемесячные величины альбедо и поглощенной солнечной радиации могут быть использованы в качестве предикторов при определении фаз развития и интенсивности событий Эль-Ниньо (Ла-Нинья) в Тихом океане. Самыми оптимальными регионами для мониторинга таких климатических событий могут выступать регионы Nino 4 и Nino 3.4.

Составляющие РБЗ имеют существенный отклик вследствие изменения ТПО в экваториальной части Тихого океана. В различные годы для рассматриваемого периода коэффициенты корреляции между величинами альбедо и ТПО достигали $0,85-0,90$, а между величинами ПСР и ТПО достигали от $-0,86$ до $-0,91$. Наибольшие взаимосвязи обнаружены для регионов Nino 4, Nino 3.4 и Nino 1+2.

Благодарности и финансирование: *Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16 35-00284 мол_а).*

Библиографический список

1. Скляров Ю. А., Червяков М. Ю., Котума А. И. Лаборатория исследования составляющих радиационного баланса Земли Саратовского государственного университета // География в Саратовском университете. Современные исследования : сб. науч. тр. / под ред. А. Н. Чумаченко. Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 2014. С. 166–172.
2. Скляров Ю. А., Воробьев В. А., Котума А. И., Червяков М. Ю., Фейгин В. М. Алгоритм обработки данных наблюдений уходящей коротковолновой радиации с ИСЗ «Метеор-М» № 1 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9, № 3. С. 83–90.
3. Скляров Ю. А., Воробьев В. А., Котума А. И., Червяков М. Ю., Фейгин В. М. Измерения компонентов радиационного баланса Земли с ИСЗ «Метеор-М» № 1. Аппаратура ИКОР-М // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9, № 2. С. 173–180.
4. Скляров Ю. А., Червяков М. Ю., Воробьев В. А., Котума А. И., Фейгин В. М. Особенности распределения поглощенной солнечной радиации в 2010–2012 годах по данным с ИСЗ «Метеор-М» № 1 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10, № 2. С. 272–283.
5. Скляров Ю. А., Червяков М. Ю., Воробьев В. А., Котума А. И., Фейгин В. М. Особенности распределения альбедо в 2010–2012 годах по данным с ИСЗ «Метеор-М» № 1 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10, № 4. С. 107–117.
6. Скляров Ю. А., Червяков М. Ю., Воробьев В. А., Котума А. И., Фейгин В. М. Некоторые результаты обработки данных поглощенной солнечной радиации и альбедо, полученных с помощью аппаратуры ИКОР-М // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2013. Т. 13, вып. 2. С. 30–33.
7. Червяков М. Ю. Пространственно-временные вариации альбедо и поглощенной солнечной радиации и реакция земной климатической системы : дис. ... канд. геогр. наук. Казань, 2015. 146 с.
8. Червяков М. Ю., Котума А. И., Богданов М. Б., Суркова Я. В., Спирихина А. А., Кулькова Е. В., Шишкина Е. В., Шаркова С. А., Нейштадт Я. А. Спутниковый мониторинг альбедо и поглощенной солнечной радиации на верхней границе атмосферы с помощью российских радиометров ИКОР-М // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса : сб. тез. докл. Пятнадцатой Всерос. открытой конф. М. : ИКИ РАН, 2017. С. 225.
9. Червяков М. Ю., Богданов М. Б., Котума А. И., Шишкина Е. В., Спирихина А. А., Суркова Я. В., Кулькова Е. В., Великанов В. С. Особенности пространственно-временных вариаций альбедо и поглощенной солнечной радиации по данным измерений радиометров ИКОР-М // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса : сб. тез. докл. Четырнадцатой Всерос. открытой конф. М. : ИКИ РАН, 2016. С. 207.
10. Богданов М. Б., Воробьев В. А., Котума А. И., Червяков М. Ю. Связь шкал измерителей коротковолновой отраженной радиации ИКОР-М ИСЗ «Метеор-М» № 1 и № 2 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13, № 4. С. 252–260.
11. Climate Prediction Centre [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/> (дата обращения: 10.02.2019).
12. Huang B., Banzon V. F., Freeman E., Lawrimore J., Peterson W., Liu T. C., Smith T. M., Thorne P. W., Woodruff S. D., Zhang H. M. Extended Reconstructed Sea Surface Temperature version 4 (ERSST.v4). Part I. Upgrades and intercomparisons // Journal of Climate. 2014. № 28. P. 911–930.



13. Червяков М. Ю., Котума А. И., Суркова Я. В., Спирыхина А. А., Кулькова Е. В., Шишкина Е. В. Изменчивость величин альbedo и поглощенной солнечной радиации в тропической части Тихого океана по данным спутниковых радиометров ИКОР-М // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса : сб. тез. докл. Пятнадцатой Всерос. открытой конф. М. : ИКИ РАН, 2017. С. 226.
14. Спирыхина А. А., Червяков М. Ю. Спутниковый мониторинг составляющих радиационного баланса Земли во время явлений Эль-Ниньо в Тихом океане // Фундаментальные и прикладные космические исследования : сб. тр. XIV конф. мол. ученых, посвящ. Дню космонавтики / под ред. А. М. Садовского. М. : ИКИ РАН, 2017. С. 120–124.
15. Спирыхина А. А., Червяков М. Ю. Пространственно-временные вариации составляющих радиационного баланса Земли во время событий Эль-Ниньо (Ла-Нинья) // Комплексные исследования Мирового океана : материалы II Всерос. науч. конф. молодых ученых. М. : ИО РАН, 2017. С. 265–266.
16. Суркова Я. В., Червяков М. Ю. Альbedo и поглощенная солнечная радиация на верхней границе атмосферы над Мировым океаном по данным спутниковых измерений // Комплексные исследования Мирового океана : материалы II Всерос. науч. конф. молодых ученых. М. : ИО РАН, 2017. С. 275–276.
17. Гуцина Д. Ю. Модификация Эль-Ниньо в условиях меняющегося климата : причины, мониторинг, удаленный отклик : автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. М., 2014. 50 с.
18. Лаборатория исследования составляющих радиационного баланса Земли СГУ [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sgu.ru/structure/geographic/metclim/balans> (дата обращения: 10.02.2019).
19. Червяков М. Ю., Котума А. И., Спирыхина А. А. Атлас альbedo по данным измерений отраженных потоков коротковолновой радиации, полученных с помощью гидрометеорологического спутника «Метеор-М» № 1 [Электронный ресурс]. URL: https://www.sgu.ru/sites/default/files/textdocsfiles/2017/08/03/atlas_albedo.pdf (дата обращения: 10.02.2019).
20. Программа редактирования и анализа полей для ИКОР «IKOR Fields Editor». Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013618768 от 17 сентября 2013 года.
21. Pielke R. A., Landsea Jr., Landsea C. W. La Nina, El Nino, and Atlantic Hurricane Damages in the United States // Bull. Amer. Meteor. Soc. Vol. 80. P. 2027–2032.

Образец для цитирования:

Червяков М. Ю., Спирыхина А. А. Мониторинг событий Эль-Ниньо (Ла-Нинья) в Тихом океане по данным спутниковых радиометров ИКОР-М // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 1. С. 35–41. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-35-41>

Cite this article as:

Cherviakov M. Yu., Spiryakhina A. A. Monitoring El Nino (La Nina) Events in the Pacific Ocean According to the Satellite Radiometers IKOR-M. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2019, vol. 19, iss. 1, pp. 35–41 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-35-41>



УДК 551.51

Изменчивость характеристик тропопauзы в Арктике по данным радиозондирования атмосферы

М. Ю. Червяков, С. А. Шаркова

Червяков Максим Юрьевич, доцент кафедры метеорологии и климатологии, кандидат географических наук, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, chervyakovmu@mail.ru

Шаркова Светлана Алексеевна, студент кафедры метеорологии и климатологии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, kafmeteo@mail.ru

В статье приводятся результаты исследования тропопauзы в арктическом регионе в летний сезон за период с 2012 по 2017 г. Анализируются изменчивость высоты нижней границы тропопauзы и температуры на этом уровне по данным трех арктических станций радиозондирования, расположенных в различных физико-географических условиях.

Ключевые слова: свободная атмосфера, радиозондирование, тропопauза, Арктика.

Variability of Tropopause Characteristics in the Arctic According to the Data of Atmosphere Radiosounding

M. Yu. Cherviakov, S. A. Sharkova

Maksim Yu. Cherviakov, <https://orcid.org/0000-0002-7641-3392>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya Str., Saratov 410012, Russia, chervyakovmu@mail.ru

Svetlana A. Sharkova, <https://orcid.org/0000-0001-7978-2890>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya Str., Saratov 410012, Russia, kafmeteo@mail.ru

The article presents the results of the polar tropopause study in the Arctic during summer seasons for the period from 2012 to 2017. The variability of tropopause height and temperature at this level are analyzed using data from three Arctic aerological stations.

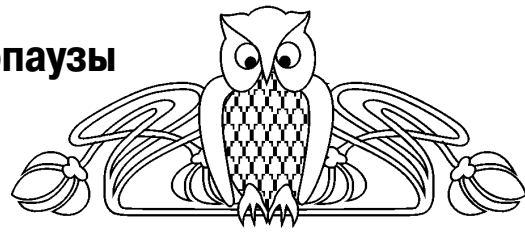
Keywords: free atmosphere, radiosounding, tropopause, Arctic.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-42-48>

Введение

Тропопauза является переходным слоем между тропосферой и стратосферой. Процессы и явления, происходящие вблизи её поверхности, оказывают существенное воздействие на метеорологическое и геофизическое состояние атмосферы в целом.

Изменение характеристик тропопauзы косвенно зависит от потоков тепла в тропосфере и нижней стратосфере, а также от условий динамических и радиационных связей между ними [1–4].



Информация об изменении структуры тропопauзы имеет большое значение в условиях меняющегося климата, в особенности для арктического региона. Динамика высоты тропопauзы и колебания температуры на ее уровне могут служить критериями изменчивости земной климатической системы [5].

При решении конкретных задач используют различные подходы для определения понятия тропопauзы и высоты ее нижней границы [6,7]. В данной работе под тропопauзой понимается переходный слой между тропосферой и стратосферой, нижний уровень которого соответствует убыванию вертикального градиента температуры до $0,2^{\circ}\text{C} / 100 \text{ м}$ или менее, который остается таким, по крайней мере, в вышележащем слое 2 км. В некоторых случаях наблюдается вторая или даже третья тропопauза, которая определяется как уровень с теми же признаками, отделенный от нижележащей тропопauзы слоем с градиентом не менее $0,3^{\circ}/100 \text{ м}$ и толщиной не менее 1 км [2].

В настоящей работе исследуется изменчивость характеристик тропопauзы в летние периоды 2012–2017 гг. по данным радиозондирования на станциях, расположенных в разных физико-географических условиях севернее полярного круга. Для трех арктических станций были изучены временные вариации высоты нижней границы тропопauзы и температуры на этом уровне. В случае если наблюдалось более одной тропопauзы, то для анализа выбиралась самая нижняя. Для каждой станции была выявлена зависимость температуры от высоты тропопauзы и оценена взаимосвязь этих характеристик методом определения коэффициентов линейной корреляции.

Мониторинг свободной атмосферы методом радиозондирования

Для изучения характеристик свободной атмосферы, в том числе и температурного режима, используются методы микроволнового профилирования, ракетного и спутникового зондирования. Несмотря на большое разнообразие средств измерения температуры, пожалуй, самым распространенным и системным видом получения метеорологической информации в верхних слоях атмосферы является метод аэрологического радиозондирования [8–11]. Наблюдения с помощью свободнолетающих радиозондов проводятся в стандартные сроки: 00 часов и 12 часов по Грин-



вичу, в результате которых получают данные о вертикальном распределении температуры, влажности, геопотенциальной высоте, направлении и скорости ветра, а также о давлении воздуха.

Информация включает значения метеорологических величин на каждом стандартном изобарическом уровне и на каждой стандартной высоте над поверхностью земли, уровне тропопауз и максимальной скорости ветра, а также на уровне особых точек (резких изменений в вертикальном распределении) температуры, влажности, скорости и направления ветра.

Стандартными изобарическими поверхностями считаются уровни 1000, 925, 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100, 70, 50, 30, 20 и 10 гПа. Критерий выбора особых точек заключен в возможности восстановления вертикального профиля температуры с точностью до 1°C в тропосфере и до 2°C в стратосфере, а также профиля относительной влажности с точностью до 15% [12–14].

Измерение температуры и влажности происходит с помощью чувствительных элементов (датчиков), а скорость и направление ветра на разной высоте определяют по координатам радиозонда с помощью сопровождения его радиолокатором. Результаты о вертикальной стратификации измеряемых метеорологических величин передаются радиозондом с помощью сигналов на наземную станцию слежения, откуда закодированная информация передается в оперативные центры посредством аэрологических телеграмм.

В настоящее время на территории России для передачи аэрологических сообщений (телеграмм) используется специальный код КН-04. Он имеет кодовую форму, подразделяющуюся на четыре части: А, В, С, D – и десять разделов. В частях А и С сообщаются данные на стандартных изобарических поверхностях, в частях В и D – данные на каждом уровне особых точек в профилях температуры, влажности и ветра [15–18]. При этом части А и В должны содержать данные до уровня 100 гПа включительно, а части С и D – выше этого уровня.

Результаты аэрологических наблюдений за разные периоды времени находятся в пополняющихся архивах КАРДС и «Аэростаб», а также в массиве «Аэростас», который является продолжением последнего и создается по автоматизированной технологии на основе данных, поступающих по каналам связи из Глобальной системы телесвязи гидрометеорологических служб. Оба массива вместе включают данные радиозондирования с 1978 г. по настоящее время

для российских станций и с 1984 г. по настоящее время – для зарубежных. Массивы организованы в виде файлов, содержанием которых являются срочные аэрологические данные по всем станциям земного шара за один месяц. В процессе создания архивных файлов аэрологические данные проходят процедуру комплексного контроля качества [9, 14].

С точки зрения оперативности поступления аэрологической информации и доступности данных стоит выделить достаточно большой архив результатов радиозондирования, который размещен на интернет-портале Университета Вайоминга, США (<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>) [19].

Архив Университета Вайоминга удобен еще и тем, что вся его информация доступна для любого пользователя и не требует дополнительной регистрации или навыков работы со сложными программными комплексами и нестандартными форматами хранения информации. Результаты аэрологического зондирования представлены как в табличной форме (распределение метеорологических параметров по высоте), так и в виде комплектов телеграмм, сформированных по правилам кода КН-04. База данных в виде аэрологических телеграмм позволила существенно облегчить процесс поиска и идентификации нижнего уровня тропопаузы, так как информация о ней кодируется отдельным блоком и легко считывается. Возможность визуализировать график изменения температуры с высотой позволила оперативно оценить наличие тропопаузы с экстремальными или сомнительными значениями как высоты ее нижней границы, так и значений температуры на ее уровне.

Таким образом, на основе данных радиозондирования Университета Вайоминга было проведено исследование изменчивости высоты нижней границы тропопаузы и температуры воздуха на этом уровне для трех станций с различными климатическими условиями арктического региона: «Greenland Environmental Observatory at Summit (GEOSummit)», аэрологических станций «Черский» и «Нарьян-Мар». Перечень рассматриваемых станций, их международные индексы, а также географические координаты и высота станции над уровнем моря приведен в табл. 1.

В ходе работы были проанализированы данные радиозондирования в летний период (июнь–август) с 2012 по 2017 г., что в целом составило 2860 подъемов радиозондов. Оценивались вертикальные профили температуры как

Таблица 1

Аэрологические станции, используемые для анализа тропопаузы

Индекс станции	Название станции	Широта, град	Долгота, град	Высота над у.м., м
23205	«Нарьян-Мар»	67.63 с.ш	53.03 в.д.	12
25123	«Черский»	68.75 с.ш.	161.28 в.д.	28
04417	«GEOSummit», Гренландия	72.57 с.ш.	38.45 в.д.	3255



в ночное (срок 00:00), так и дневное (срок 12:00) время. В некоторые сроки данных не было в связи с отсутствием наблюдений или ограничением в следствии малой высоты подъема радиозонда. При построении графиков временных вариаций характеристик тропопаузы для дней, когда данные отсутствовали, производилась временная интерполяция.

Для получения профиля вертикального распределения температуры и влажности в рассматриваемый период для станции «GEOSummit» в Гренландии использовались стандартные радиозонды Vaisala, а на станциях «Нарьян-Мар» и «Черский» – радиозонды типа МРЗ. Информация о том, каким видом радиозонда производились измерения в конкретный день, в зашифрованном виде передается в телеграмме и при необходимости может быть учтена в анализе данных радиозондирования.

Зависимость высоты нижней границы тропопаузы и температуры на уровне тропопаузы

На основе архивов радиозондирования трех арктических станций была составлена база данных о характеристиках тропопауз в летний период времени с 2012 по 2017 г. Информация комплектовалась для каждого дня месяца, срока наблюдения и включала высоту и температуру на уровне тропопаузы. На основе сформированного массива данных были исследованы временные вариации высоты тропопаузы и температуры для каждой станции. В качестве примера на рис. 1 представлены графики изменения этих характеристик в летний период 2012 г. для станций «GEOSummit» (см. рис. 1, а), «Нарьян-Мар» (см. рис. 1, б) и «Черский» (см. рис. 1, в), а в табл. 2–3 даны значения максимального, минимального и среднего значения высоты нижней границы тропопаузы и температуры для всех летних периодов 2012–2017 гг.

Высота тропопаузы испытывает большие колебания в зависимости от расположения стан-

ции, конкретного года и дня месяца, что видно из рис. 1 и табл. 2.

Для станции «GEOSummit», которая располагается в Гренландии, максимальная высота отмечалась в разные месяцы и колебалась в пределах 11,3–13,3 км. Наиболее высокая тропопауза наблюдалась в июле 2012 года и составила 13317 м с температурой $-66,5^{\circ}\text{C}$. Минимальная высота тропопауз для данной станции варьировала в пределах 6,3–7,9 км, а самая низкая тропопауза была зафиксирована в августе 2013 г. на высоте 6385 м с температурой $-42,7^{\circ}\text{C}$. В среднем за рассматриваемый период высота тропопаузы колебалась от года к году в пределах 9,8–10,3 км.

Для станции «Черский», которая располагается на севере Восточной Сибири, максимальная высота варьировала в пределах 11,9–15,7 км, что существенно выше, чем в Гренландии. Наибольшая высота тропопаузы наблюдалась в июле 2016 г. и составила 15666 м с температурой $-51,9^{\circ}\text{C}$. Минимальная высота тропопауз для данной станции варьировала в пределах 5,6–7,5 км, а самая низкая тропопауза была зафиксирована в июне 2014 г. на высоте 5573 м, с температурой $-36,5^{\circ}\text{C}$. В среднем за рассматриваемый период высота тропопаузы колебалась от года к году в пределах 10–11,2 км.

Для станции «Нарьян-Мар», которая находится недалеко от устья реки Печоры, максимальная высота варьировала в пределах 12,4–13,5 км. Наибольшая высота тропопаузы наблюдалась в июле 2014 г. и составила 13447 м с температурой $-53,5^{\circ}\text{C}$. Минимальная высота тропопауз для данной станции варьировала в пределах 6,7–8,4 км, а самая низкая тропопауза была зафиксирована в июне 2017 г. на высоте 6655 м с температурой $-41,3^{\circ}\text{C}$. В среднем за рассматриваемый период высота тропопаузы колебалась от года к году в пределах 10–10,8 км.

Таким образом, можно заметить, что высота тропопаузы, ее максимальное и минимальное значение в летний период существенно зависят от географического положения аэрологической

Таблица 2

Высота тропопаузы в летний период 2012–2017 гг.

Станция	Высота, м	Год					
		2012	2013	2014	2015	2016	2017
«GEOSummit»	Максимальная	13317	11370	11725	12062	11630	12093
	Минимальная	7076	6385	6803	7701	7964	6987
	Средняя	10382	9747	10153	10040	10294	10125
«Черский»	Максимальная	13612	11882	13710	11865	15666	12146
	Минимальная	5618	7537	5573	6676	7419	6486
	Средняя	10025	10757	11197	10399	10430	9951
«Нарьян-Мар»	Максимальная	12430	12429	13447	12390	12915	12821
	Минимальная	8061	7039	8349	7274	7361	6655
	Средняя	10415	10619	10597	9968	10687	10768

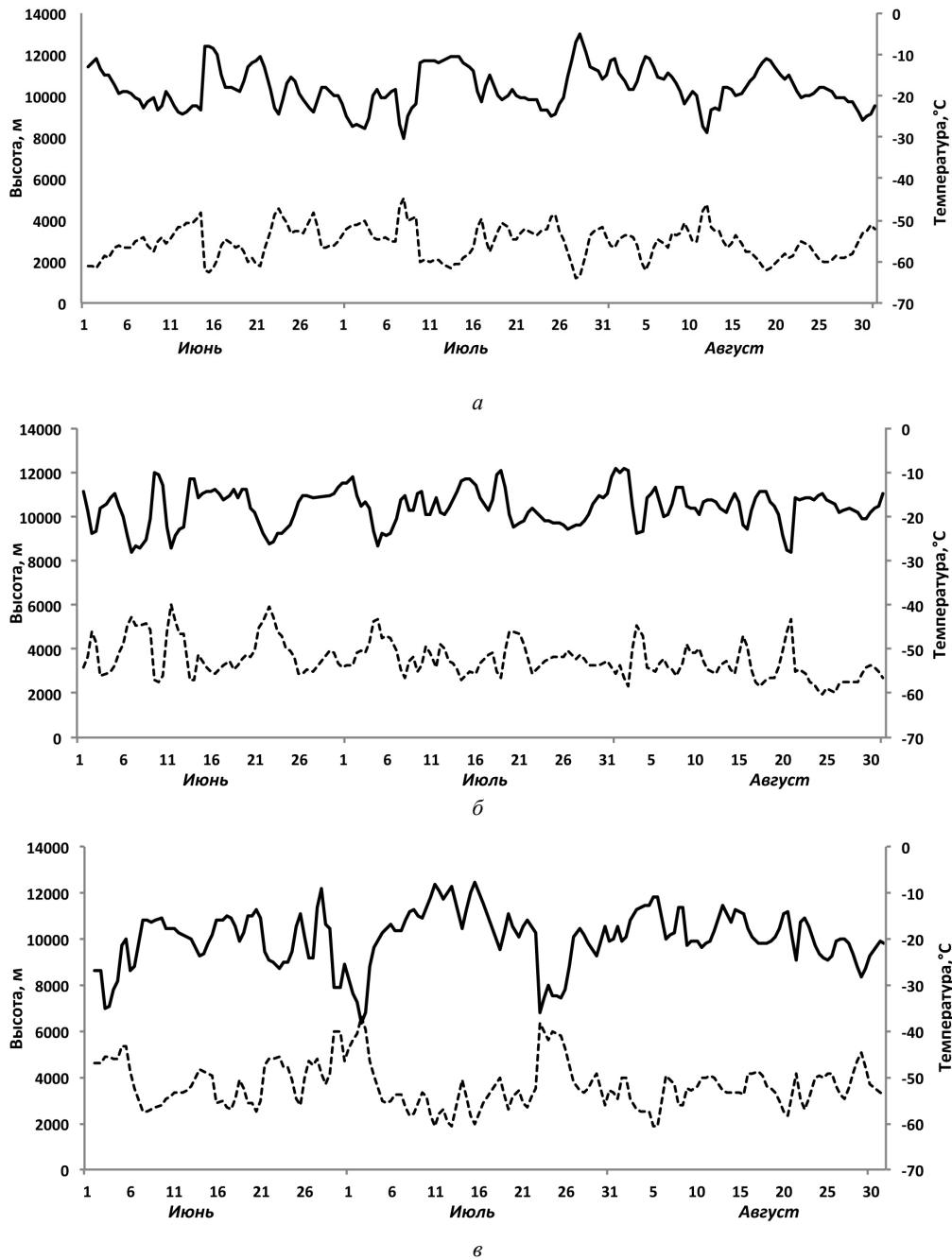


Рис. 1. Временная изменчивость высоты тропопаузы (сплошная линия) и температуры (пунктирная линия) на ее уровне в летний период 2012 г. для станции: а – «GEOSummit», б – «Нарьян-Мар», в – «Черский»

станции и рассматриваемого периода времени. В летний период амплитуда колебаний высоты тропопаузы может достигать 7 км и более. Увеличение или уменьшение толщины тропосферы и высоты тропопаузы летом в Арктике, возможно, зависят от интенсивного вертикального обмена, который, в свою очередь, связан с притоком солнечной радиации к земной поверхности, увеличивая турбулентный обмен до больших высот. При оценке изменения высоты тропопаузы необходимо учитывать и другие факторы. К примеру,

повышение тропопаузы может быть вызвано похолоданием в нижней стратосфере.

Стоит отметить, что изменчивость температуры в течение летнего периода существенно зависит не только от физико-географических условий станции, но и от высоты нижнего уровня тропопаузы (см. рис. 1, 2 и табл. 3).

Для тропопауз, наблюдаемых на станции «GEOSummit», максимальное значение температуры варьировало в пределах от $-46,5$ до $-36,7$. Минимальное – от $-66,5$ до $-60,1$ °C. Изменение

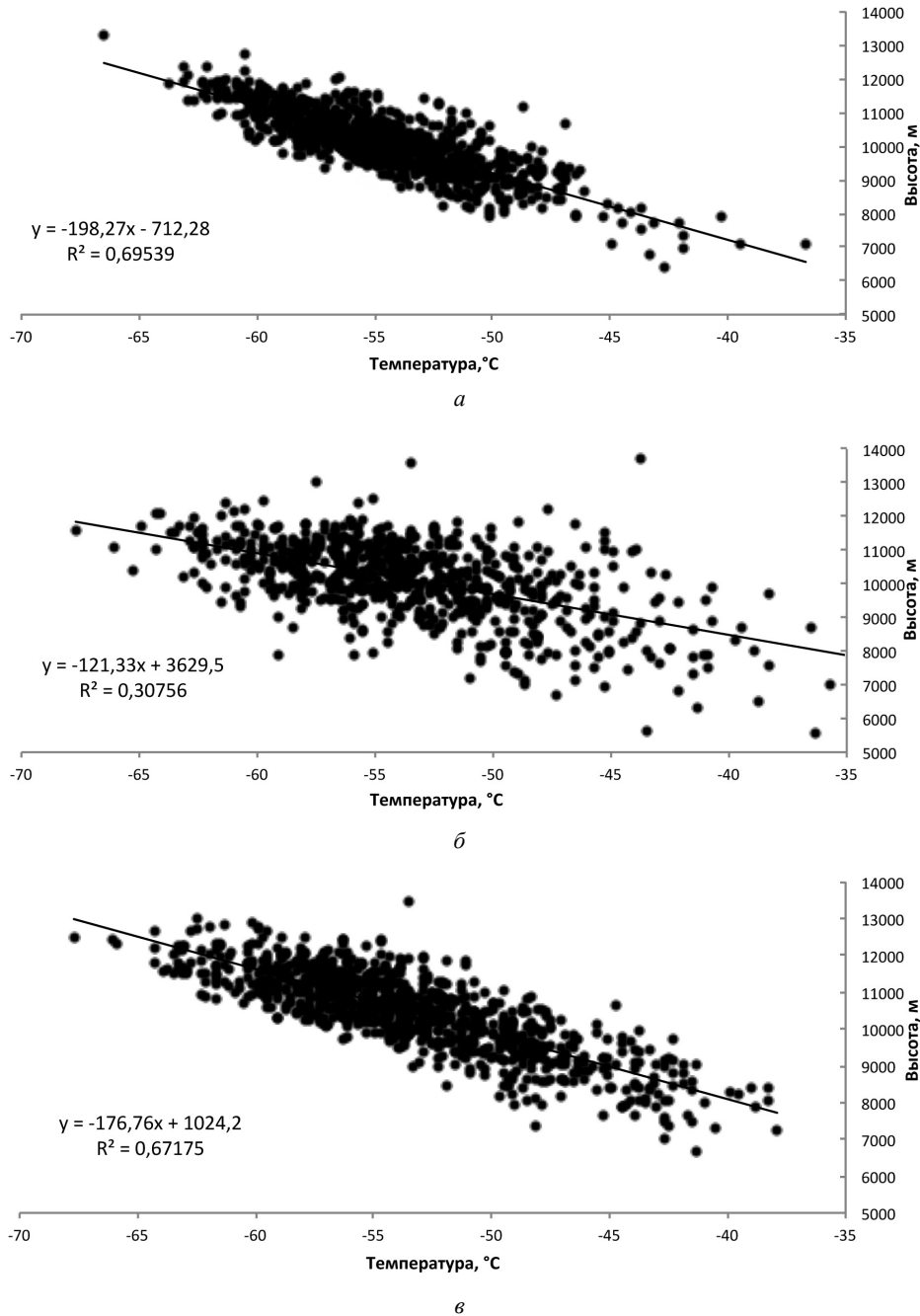


Рис. 2. Связь высоты тропопаузы и температуры на ее уровне, 2012–2017 г. (июнь–август) для станции: а – «GEOSummit» $y = -198,27x - 712,28$, б – «Черский» $y = -121,33x + 3629,5$, в – «Нарьян-Мар» $y = -176,76x + 1024,2$

среднего значения температуры колебалось от $-55,5$ до $-53,7^{\circ}\text{C}$.

Для аэрологической станции «Черский» максимальное значение температуры варьировало в пределах от $-42,5$ до $-34,3^{\circ}\text{C}$. Минимальное – от $-67,7$ до $-60,6^{\circ}\text{C}$. Среднее значение температуры изменялось от $-56,0$ до $-51,6^{\circ}\text{C}$.

Для тропопауз, наблюдаемых на станции «Нарьян-Мар», максимальное значение температуры варьировало в пределах от $-37,9$ до

$-42,3^{\circ}\text{C}$. Минимальное – от $-67,7$ до $-60,9^{\circ}\text{C}$. Изменение среднего значения температуры колебалось от $-56,7$ до $-50,9^{\circ}\text{C}$.

Анализ температуры на нижней границе тропопаузы для рассматриваемых станций показал существенные временные вариации температуры, амплитуда которых может за сезон достигать 30 градусов и более.

Очевидно, что между температурой на нижней границе тропопаузы и ее высотой существует



Таблица 3

Температура на уровне тропопазы в летний период 2012–2017 гг.

Станция	Температура, °С	Год					
		2012	2013	2014	2015	2016	2017
«GEOSummit»	Максимальная	-39,5	-42,7	-36,7	-43,1	-46,5	-41,9
	Минимальная	-66,5	-60,1	-61,7	-60,9	-62,3	-63,7
	Средняя	-55,4	-53,7	-54,2	-54,2	-54,9	-55,5
«Черский»	Максимальная	-35,7	-34,3	-36,3	-42,5	-40,7	-38,3
	Минимальная	-60,7	-60,6	-63,1	-61,7	-66,1	-67,7
	Средняя	-51,6	-52,7	-53,1	-53,0	-56,0	-54,5
«Нарьян-Мар»	Максимальная	-38,3	-42,3	-41,5	-37,9	-38,8	-41,3
	Минимальная	-60,9	-61,5	-64,3	-62,3	-62,7	-67,7
	Средняя	-52,7	-53,1	-54,2	-50,9	-54,3	-56,7

связь, причем она будет стремиться быть линейной при неизменности вертикального градиента температуры в тропосфере и отсутствии инверсионных и изотермических слоев. Тем не менее эта взаимосвязь будет зависеть также от других факторов: времени года, условий распределения температуры с высотой, температуры у поверхности земли, адвективных потоков у поверхности земли и на высоте.

В данной работе была оценена взаимосвязь температуры воздуха на уровне тропопазы и ее высоты в летний сезон. Для сопоставления этих характеристик были использованы все имеющиеся попарные (высота-температура) данные для всех тропопаз. Для станции «Нарьян-Мар» выбрано 987 случаев, для станции «Черский» – 860 и для обсерватории «GEOSummit» в Гренландии – 1013 случаев. Всего в анализе было оценено 2860 случаев, для которых была зафиксирована тропопаза.

На основе сопоставления характеристик тропопазы для каждой станции были построены корреляционные диаграммы взаимосвязи температуры и высоты тропопазы (рис. 2). По оси абсцисс отложено значение температуры, а по оси ординат – высота нижних границ тропопаз.

Как видно из рис. 2, рассеяние точек на корреляционных диаграммах довольно велико, особенно для станции «Черский». Следует отметить, что это рассеяние отражает все возможные факторы, о которых говорилось выше.

Тем не менее коэффициенты линейной корреляции взаимосвязи температуры и высоты тропопазы достаточно высоки. Для станции «Нарьян-Мар» он равен -0,82, для обсерватории «GEOSummit» -0,83 и для станции «Черский» -0,72. Знак минус перед коэффициентом корреляции указывает на то, что с ростом высоты температура тропопазы понижается.

Выводы

В ходе анализа данных радиозондирования для рассматриваемых арктических станций найдены эмпирические уравнения взаимосвязи, средние для летнего сезона 2012–2017 гг., которые имеют вид:

$$t = -0,005h - 3,6 \text{ для обсерватории «GEOSummit»},$$

$$t = -0,0082h + 29,9 \text{ для станции «Черский»},$$

$$t = -0,0056h + 5,8 \text{ для станции «Нарьян-Мар»}.$$

Здесь t – температура воздуха на уровне нижней границе тропопазы, °С, h – высота нижней границы тропопазы, м.

В зависимости от особенностей распределения температуры в тропосфере, вертикального градиента температуры и значений высоты нижней границы тропопазы температура на ее уровне может сильно варьировать. Чем выше располагается тропопаза, тем ниже значения температуры на ее уровне [20, 21].

Библиографический список

1. Минина Л. С., Маклаков И. А. Колебания нижней границы тропопазы в связи с изменением температуры // Труды / ЦИП. 1964. Вып. 137. С. 41–47.
2. Бедрицкий А. И. Российский гидрометеорологический энциклопедический словарь : в 3 т. СПб. ; М. : Летний сад, 2009. Т. 3. 216 с.
3. Червяков М. Ю. Межгодовая изменчивость поглощенной солнечной радиации и альbedo в арктическом регионе // Молодежь. Наука. Инновации : сб. докл. 64-й междунар. молодеж. науч.-техн. конф. : в 2 т. Владивосток : Морской государственный университет, 2016. Т. 1. С. 524–528.
4. Holton J. R., Haynes P. H., McIntyre M. E., Douglass A. R., Rood R. B., Pfister L. Stratosphere troposphere exchange // Review of Geophysics. 1995. Vol. 33, № 4. P. 403–439.
5. Козлова Л. Ф., Стерин А. М. Исследование многолет-



- ней изменчивости параметров тропопаузы над территорией РФ по радиозондовым данным // Труды / ВНИИГМИ-МЦД. 2014. Вып. 178. С. 47–60.
6. *Иванова А. Р.* Тропопауза – многообразие определений и современные подходы к идентификации // *Метеорология и гидрология*. 2013. № 12. С. 23–36.
7. *Anel J. A., Antuna J. C., Torre L., Nieto R., Gimeno L.* Global statistics of multiple tropopauses from the IGRA database // *Geophys. Res. Lett.* 2007. Vol. 34. P. 1–5.
8. *Лавров А. С., Хохлова А. В., Стерин А. М.* Мониторинг климатических параметров температуры и ветра в свободной атмосфере : технологические аспекты // Труды / Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации. 2017. Вып. 366. С. 97–111.
9. *Алдухов О. А., Черных И. В.* Методы анализа и интерпретации данных радиозондирования атмосферы. Контроль качества и обработка данных : в 3 т. Обнинск : ВНИИГМИ-МЦД, 2013. Т. 1. 216 с.
10. *Алдухов О. А., Черных И. В.* Методы анализа и интерпретации данных радиозондирования атмосферы. Восстановленные облачные слои : в 3 т. Обнинск : ВНИИГМИ-МЦД, 2013. Т. 2. 151 с.
11. *Алдухов О. А., Черных И. В.* Методы анализа и интерпретации данных радиозондирования атмосферы. Влажность и температура в атмосфере : статистические характеристики : в 3 т. Обнинск : ВНИИГМИ-МЦД, 2015. Т. 3. 494 с.
12. *Мохов И. И.* Вертикальный температурный градиент в тропосфере и его связь с приповерхностной температурой по эмпирическим данным // *Известия АН СССР. Физика атмосферы и океана*. 1983. Т. 19, № 9. С. 913–917.
13. *Мохов И. И., Акперов М. Г.* Вертикальный температурный градиент в тропосфере и его связь с приповерхностной температурой по данным реанализа // *Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана*. 2006. Т. 42, № 4. С. 467–475.
14. *Кравцова Л. М.* О методике климатической обработки характеристик полярной и тропической тропопауз // Труды / НИИАК. 1965. Вып. 34. С. 48–51.
15. *Anel J. A., Gimeno L., Torre L., Nieto R.* Changes in tropopause height for the Eurasian region determined from CARDS radiosonde data // *Naturwissenschaften*. 2006. Vol. 93. P. 603–609.
16. *Bell S. W., Geller M. A.* Tropopause inversion layer : Seasonal and latitudinal variations and representation in standard radiosonde data and global models // *Journal Geophys. Res.* 2008. Vol. 113. P. 1–7.
17. *Иванова А. Р., Богаевская Н. И.* Динамика арктической тропопаузы и ее связь с фронтогенезом в период 1990–2017 гг. // Труды / Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации. 2012. Вып. 347. С. 5–23.
18. *Mokhov I. I., Akperov M. G.* Tropospheric lapse rate and its relation to surface temperature from reanalysis data // *Izvestiya. Atmospheric and Oceanic Physics*. 2006. Vol. 42, № 4. P. 430–438.
19. University of Wyoming College of Engineering [Электронный ресурс]. URL: <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html> (дата обращения: 10.02.2019).
20. *Шаркова С. А., Червяков М. Ю.* Изменение характеристик полярной тропопаузы в летний период по данным радиозондирования // ЛОМОНОСОВ-2018 : материалы Междунар. молодеж. науч. форума. М. : МАКС Пресс, 2018. С. 1–2.
21. *Шаркова С. А., Червяков М. Ю.* Исследование изменчивости характеристик тропопаузы в арктической зоне по данным радиозондирования // Труды / 61-я Всерос. науч. конф. МФТИ. Фундаментальная и прикладная физика. 2018. С. 21–22.

Образец для цитирования:

Червяков М. Ю., Шаркова С. А. Изменчивость характеристик тропопаузы в Арктике по данным радиозондирования атмосферы // *Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле*. 2019. Т. 19, вып. 1. С. 42–48. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-42-48>

Cite this article as:

Cherviakov M. Yu., Sharkova S. A. Variability of Tropopause Characteristics in the Arctic According to the Data of Atmosphere Radiosounding. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2019, vol. 19, iss. 1, pp. 42–48 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-42-48>



ГЕОЛОГИЯ

УДК 563.45

Состав и структура семейства *Ventriculitidae* (Porifera, Hexactinellida)

Е. М. Первушов

Первушов Евгений Михайлович, доктор геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой исторической геологии и палеонтологии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, pervushovem@mail.ru

В составе коньякских – маастрихтских спонгиосообществ представители *Ventriculitidae* занимали заметное и порой доминирующее положение. Относительная простота строения скелета представителей семейства среди позднемеловых гексактинеллид позволила проследить изменения морфологии этих губок, вариации габитуса бокала и структуры ирригационной системы в зависимости от значений толщины скелетообразующей стенки. Отмеченные тенденции в морфогенезе губок положены в основу представленного варианта классификации *Ventriculitidae*.

Ключевые слова: губки, гексактинеллиды, *Ventriculitidae*, поздний мел, систематика, морфогенез.

Composition and Structure of the *Ventriculitidae* (Porifera, Hexactinellida) Family

Е. М. Pervushov

Engeniy M. Pervushov, <https://orcid.org/0000-0002-7962-0274>; Saratov State University, 83 Astrakhanskaya Str., Saratov Russia, 410012, pervushovem@mail.ru

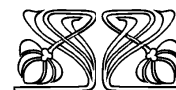
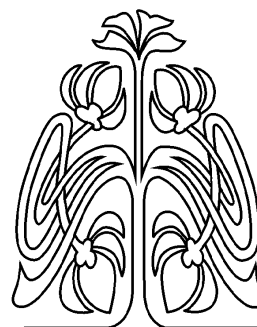
The *Ventriculitidae* representatives used to hold noticeable and occasionally dominant position within the Coniacian – Maastrichtian sponge assemblages. Relatively simple skeleton construction in the representatives of the family among the Late Cretaceous hexactinellids has made it possible to trace variations in skeleton morphology, changes in the goblet habitus and in the structure of irrigation system depending on the width variations of the skeleton-building wall. The observed tendencies in sponge morphogenesis have been used as the basis for the proposed version of *Ventriculitidae* classification.

Keywords: sponges, hexactinellids, *Ventriculitidae*, Late Cretaceous, systematics, morphogenesis.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-49-62>

В количественном отношении губки вентрикулитиды занимали треть и даже три четверти состава спонгиосообществ, существовавших в позднемеловых – палеоценовых бореальных бассейнах Европейской области. Анализ вековой истории рассмотрения вентрикулитид показывает различия в представлениях исследователей о составе и структуре этого семейства (табл. 1). На основе фоссильного материала, собранного из пород всех ярусов верхнего мела на территории Русской плиты, отмечены тенденции в морфогенезе вентрикулитид, определены варианты построения элементов скульптуры и соответствия скульптур дермальной и парагастральной поверхностей (рисунок). По итогам проведенных исследований составлена структурированная классификация семейства *Ventriculitidae* (табл. 2).

Невозможность рассмотрения голотипов ряда таксонов снижает достоверность представленных изысканий, что, в частности, относится к пониманию содержания групп *Sestrocladia*, *Flabellispongia* и *Leiostracosia* [1]. Формы, описанные ранее как *Nomobrachaticyathus* [2], представляют собой фрагменты скелетов *Aphrocallystes* Gray, 1858. При описании таксонов использованы сокращения: *S* – плотность расположения элементов



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ

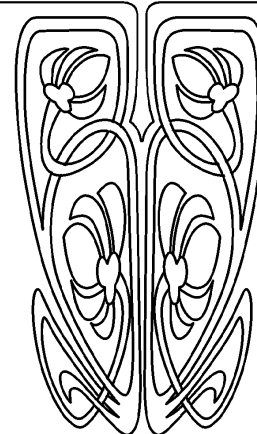




Таблица 1

Представления авторов монографических исследований о составе и структуре представителей семейства *Ventriculitidae*

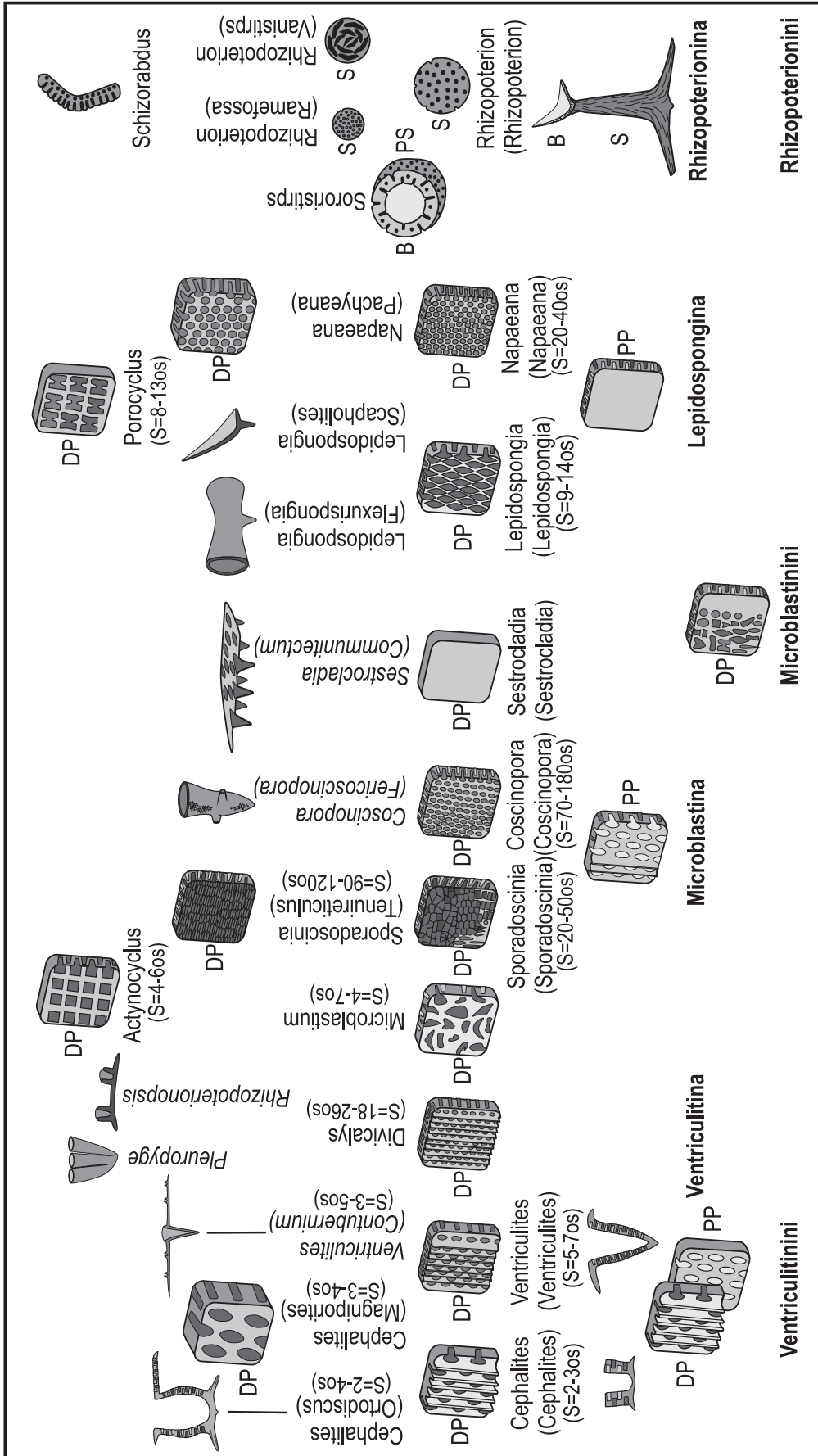
A. Schrammen, 1924 [3]	К. Циттель, 1934 [4]	М. Laubenfels, 1955 [5]	S. Defretin-Lefranc, 1958 [6]	Основа ..., 1962 [7]	Treathis ..., 2000 [8]
Ventriculitidae Zittel, emend. Schrammen, 1912	Ventriculitidae T. Smith, 1848	–	–	Ventriculitidae T. Smith, 1848	Ventriculitidae Smith, 1848
Ventriculites Mantell, 1822	Pachytreishisma Zittel	Ventriculites Mantell, 1822	Ventriculites Mantell, 1822	Ventriculites Mantell, 1822	Subfamily Ventriculitinae Smith, 1848
Orthodiscus Schrammen, 1924	Trochobolus Zittel	Cephalites Smith, 1848	Rhizopoterion Zittel, 1877	Rhizopoterion Zittel, 1877	Ventriculites Mantell, 1822
Rhizopoterion Zittel, 1877	Phlyctaenium Zittel	Calatiscus Sollas, 1883	Rhizopoterionopsis Lachasse, 1943	Cephalites T. Smith, 1848	Astropegma Pomel, 1872
Schizorabdus Zittel, 1877	Ventriculites Mantell	Rhizopoterion Zittel, 1877	Cephalites T. Smith, 1848	Lepidospongia Roemer, 1864	Coscinopora Goldfuss, 1826
Napaea Schrammen, 1902	Schizorabdus Zittel	Leiostracasia Schrammen, 1912	Lepidospongia Roemer, 1864	Limosinion Pomel, 1872	Etalloniella Oppliger, 1926
Lepidospongia Roemer, 1864	Rhizopoterion Zittel	Lychniscaulus Schrammen, 1936	Orthodiscus Schrammen, 1910	Astropegma Pomel, 1872	Flabellispongia Trexstan, 1972
Cephalites Smith, 1848	Polyblastium Zittel	Etalloniella Oppliger, 1926	Porocyclus Defretin-Lefranc, 1958	Tretostammia Pomel, 1872	?Leiostracasia Schrammen, 1902
Plectodermatium Schrammen, 1924	Napaea Schrammen	Napaea Laubenfels, 1955	Microblastium Schrammen, 1910	Schizorabdus Zittel, 1877	Lepidospongia F.A. Roemer, 1864
Сем. Polyblastiidae Schrammen, 1912	Sporadoscinia Pomel	Pleuropyge Schrammen, 1912	Sporadoscinia Pomel, 1872	Phlyctaenium Zittel, 1877	Limosinion Pomel, 1872
Polyblastium Zittel, 1877	Lepidospongia Roemer	Lepidospongia Roemer, 1862	Leiostracasia Schrammen, 1912	Sestrocladia Hinde, 1883	Napaea De Laubenfels, 1955
Сем. Actinocyclidae Schrammen, 1924	Leiostracasia Schrammen	Limosinion Pomel, 1872	–	Pleuropyge Schrammen, 1912	Orthodiscus Schrammen, 1924
Actinocyclus Schrammen, 1924	Plectodermatium Schrammen	Astropegma Pomel, 1872	–	Orthodiscus Schrammen, 1924	Phymosinion Pomel, 1872
Сем. Microblastiidae Schrammen, 1912	Actinocyclus Schrammen	Plectodermatium Schrammen, 1902	–	Megalodictyon Oppliger, 1926	Pleuropyge Schrammen, 1912
Microblastium Schrammen, 1912	Microblastium Schrammen	Microblastium Schrammen, 1902	–	Rhizopoterionopsis Lachasse, 1943	Rhizopoterion Zittel, 1877
Сем. Sporadosciniidae Schrammen, 1912	Orthodiscus Schrammen	Desmoderma Schrammen, 1936	Примечание. Trochobolus – рода, рассматриваемые в настоящее время в составе семейства Pachytreishismidae (гора – нижний мел)	Rhizocheon Lachasse, 1943	Rhizopoterionopsis Lachasse, 1943
Sporadoscinia Pomel, 1872	Cephalites Smith	Rhizopoterionopsis Lachasse, 1943		Napaea Laubenfels, 1955	Spirospongia Kravtsov, 1968
Leiostracasia Schrammen, 1912	–	Rhizocheon Lachasse, 1943		Trochobolus Zittel, 1877	Sporadoscinia Pomel, 1872
–	–	Pachytreishisma Zittel, 1878		Pachytreishisma Zittel, 1878	Ubiquiradius Laubenfels, 1955
–	–	Trochobolus Zittel, 1877		Etalloniella Oppliger, 1926	Subfamily Bolitesinae Schrammen, 1912
–	–	Pachyrachis Schrammen, 1936		Pachyrachis Schrammen, 1936	Subfamily Stauronematinae Sollas, 1877
–	–	Ubiquiradius Laubenfels, 1955		–	Subfamily Lychniscaulinae n. s.



Таблица 2

Классификация семейства *Ventriculitidae* Phillips, 1833

Отряд DYCTIONINA ZITTEL, 1878 Подотряд LYCHNISCOSA SCHRAMMEN, 1936 Семейство VENTRICULITIDAE Phillips, 1833 Подсемейство Ventriculitinae Phillips, 1833	
Триба Ventriculitini Phillips, 1833	
Подтриба Ventriculitina Phillips, 1833 Ventriculites (Ventriculites) (Phillips, 1833) Ventriculites (Contubermium) Pervushov, 1998 Cephalites (Cephalites) T. Smith, 1848 Cephalites (Orthodiscus) (Schrammen, 1924) Cephalites (Magniporites) Pervushov, 1998 [?Flabellispongia Trestyan, 1972] Pleuropoge Schrammen, 1912 Rhizopoteronopsis Lachasse, 1943 Divicalys Pervushov, 1998	Триба Microblastini Sinzov, 1872 Подтриба Microblastina Sinzov, 1872 Microblastium (Sinzov, 1872) Sporadoscinia (Sporadoscinia) (Goldfuss, 1833) Sporadoscinia (Tenuireticulus) Pervushov, 2002 Coscinopora (Coscinopora) Goldfuss, 1833 Coscinopora (Fericoscinopora) Pervushov, 1998 Sestrocladia (Sestrocladia) Hinde, 1883 Sestrocladia (Communitectum) Pervushov, 1998 ? Letostracostia Schrammen, 1902 Actinocyclus Schrammen, 1912
Подсемейство Rhizopoteroninae Goldfuss, 1833 Триба Rhizopoteronini Goldfuss, 1833 Rhizopoteron (Rhizopoteron) (Goldfuss, 1833) Rhizopoteron (Ramefossa) Pervushov, 1998 Rhizopoteron (Vanistirps) Pervushov, 1998 Rhizopoteron (Columelloculus) Pervushov, 1998 Sororistirps (Mantel, 1822) Schizorabdus Zittel, 1877	



Тенденции в морфогенезе представителей Ventriculitidae (изменения таблуса скелета, вариации строения дермальной и парагастральной скульптур):

B – бокал (поперечное сечение), DP – дермальная поверхность стенки, PP – парагастральная поверхность стенки, PS – ложный стержень (поперечное сечение),

S – стержень (поперечное сечение), S = 20–40 os – плотность расположения остий на 1 см²



дермальной скульптуры на 1 см²: os – прозопор, r – ребер, b – борозд; Sa – плотность расположения элементов парагастральной скульптуры.

Семейство *Ventriculitidae* Phillips, 1833

Д и а г н о з. Бокал париформного строения, строение скелета в разной степени дополняют стержень и/или ризоиды. Скелетообразующая стенка с поперечными каналами, устья которых являются негативными элементами дермальной и парагастральной скульптур. Преимущественно одиночные формы, известны полиоскулумные, автономные формы.

С о с т а в. *Ventriculitinae* Phillips, 1833; *Rhizopoterioninae* Goldfuss, 1833.

Р а с п р о с т р а н е н и е. Верхний мел – палеоген, ? ныне.

Подсемейство *Ventriculitinae* Phillips, 1833

Д и а г н о з. В основании бокаловидного скелета развиты ризоиды, а на дермальной поверхности стенки иногда выражены шиповидные основания пучков ризоидных спикул. Скелетообразующая стенка пронизана слепыми поперечными цилиндрическими апо- и прозохетами с пилами, контуры каналов очерчены канальерной спикульной решеткой. Проксимальные продольные каналы плотно расположены в ризоидах. Интерканальерная спикульная решетка образована призматическими и кубическими клетками размером 0,25–0,38–0,5/0,25–0,38–0,5 мм. Кортекс присутствует на всех поверхностях стенки. В основании парагастральной полости узкоконических бокалов сохраняется пористая паренхимальная спикульная решетка с каналами, меандрирующими в вертикальной плоскости.

С о с т а в. *Ventriculitini* Phillips, 1833; *Microblastini* Sinzov, 1872.

С р а в н е н и е. От *Rhizopoterioninae* отличается отсутствием стержня с гладкими проксимальными каналами без канальерной спикульной решетки.

Р а с п р о с т р а н е н и е. Альб, верхний мел – палеоген Европы, Северной Африки, юг Урала и Западной Сибири.

Триба *Ventriculitini* Phillips, 1833

Д и а г н о з. Толстостенные париформные бокалы с минимальной плотностью расположения элементов дермальной скульптуры.

С о с т а в. Подтриба *Ventriculitina* Phillips, 1833.

С р а в н е н и е. От *Microblastini* отличается продольно-линейной ориентацией элементов дермальной скульптуры, постоянными очертаниями и размером прозопор.

Подтриба *Ventriculitina* Phillips, 1833

Д и а г н о з. Дермальная скульптура состоит из продольных параллельных ребер и борозд, дихотомирующих на участках изгиба и пережи-

мов стенки. В бороздах расположены округлые прозопоры и узлы ребер. На гладкой поверхности парагастра регулярно распространены овальные остия. Соотношение скульптур поверхностей стенки реактивное.

С о с т а в. 5 родов. *Ventriculites* (Phillips, 1833); *Cephalites* (T. Smith, 1848); *Pleuropyge* Schrammen, 1912; *Rhizopoterionopsis* Lachasse, 1943; *Divicalys* Pervushov, 1998.

Род *Ventriculites* (Phillips, 1833)

Д и а г н о з. Габитус и параметры бокала определяются степенью развития отворота: обычно чем большую площадь он занимает, тем меньше высота нижней – конической части. Толщина стенки сантонских форм 6–10 мм, реже до 12–14 мм, кампанских – 2–6 мм, уменьшается к верхнему краю. В основании бокала присутствует площадка прикрепления или короткий ризоид. Позитивные элементы дермальной скульптуры представлены широкими ребрами (1,5–2 мм) и низкими прямоугольными узлами ребер (0,5–2/3–5 мм). Прозопоры овально-вытянутые (1,5–2/3–4 мм). $S = 3-5$ r, 2–4 b, 5–7 os. Группа широкого понимания. В качестве типового вида принято наиболее раннее описание представителя рода, морфологическая характеристика которого однозначно соответствует содержанию таксона.

С р а в н е н и е. От *Cephalites* отличается меньшей толщиной стенки и высоким бокалом с большей плотностью расположения элементов дермальной скульптуры, широким отворотом стенки.

С о с т а в. 2 подрода. *Ventriculites* (*Ventriculites*); (Phillips, 1833) *V. (Contubernium)* Pervushov, 1998.

Подрод *Ventriculites (Ventriculites)* (Phillips, 1833)

Spongia cribrosa: Phillips, 1829, табл. 1, фиг. 7; Geinitz, 1842, с. 95.

Т и п о в о й в и д – *Spongia cribrosa* Phillips, 1829; верхний мел, Англия.

Д и а г н о з. Одиночные губки, бокал преимущественно конический с равномерным или секторальным изгибом стенки. Известны первичные автономии на основе двух модулей. В филогенезе прослеживается уменьшение толщины стенки, увеличение высоты бокала и площади отворота. Под дермальными ребрами прослеживаются гладкие проксимальные каналы. Известны первичные автономные формы.

В и д о в о й с о с т а в. 11 видов. *Ventriculites cribrus* (Phillips, 1829); *V. striatus* Smith, 1848; *V. successor* Schrammen, 1924; *V. cylindratus* Schrammen, 1912; *V. sterea* (Defretin-Lefranc, 1962); *V. fractus* Perv., 1998; *V. obliquus* Perv., 1998; *V. ocreaceus* Perv., 1998; *V. sculptus* Perv., 1998; *V. duplus* Perv., 1998; *V. cruciatus* Perv., 1998.

С р а в н е н и е. От *Contubernium* отличается уровнем модульной организации, отсутствием субмодулей на парагастральной поверхности.



Распространение. Сеноман – маастрихт, палеоцен Европы.

Подрод *Ventriculites (Contubernium) Pervushov, 1998*

Contubernium: Первушов, 1998, с. 111.

Типовой вид – *Contubernium ochevi* Pervushov, 1998; сантон, Саратовское правобережье.

Диагноз. Губки перифронтальные унитарного уровня модульной организации. Бокал конический с широким ортогональным отворотом стенки в горизонтальной плоскости. Диаметр отворота в 1,5–2 раза превышает высоту бокала. Оскулюм округлый, диаметром 8–10/11–12 мм. На парагастральной поверхности стенки, после ее отворота, концентрически расположены конические субмодули, количество которых возрастает с увеличением площади отворота от 7–12 до 30. Модули с круглым устьем и обособленной цилиндрической полостью. В морфогенезе губок отмечено увеличение диаметра отворота стенки и его доминирование над бокалом, что обусловило развитие на нижней поверхности стенки, от дермальных ребер, опорных ризоид. В строении дефинитивных форм субмодули выражены в виде крупных отверстий. Экземпляры полной сохранности редки, обычные сектора горизонтального отворота стенки с субмодулями.

Видовой состав. Типовой вид.

Сравнение. Среди унитарных вентрикулитид выделяется перифронтальным подуровнем организации, наличием субмодулей.

Распространение. Сантон правобережного Поволжья.

Род *Cephalites* T. Smith, 1848

Диагноз. Толстостенные (15–23 мм) бокалы цилиндрического и конического габитуса с крупными элементами дермальной и парагастральной скульптур. Радиально ориентированные ризоиды развиты в основании бокала. $S = 2-3$ г, $2-3$ б, $2-3$ ос.

Распространение. Верхний мел – палеоцен Европы.

Состав. 3 подрода. *Cephalites* (Cephalites) T. Smith, 1848; *C. (Orthodiscus)* (Schrammen, 1924); *C. (Magniporites)* Pervushov, 1998.

Подрод *Cephalites (Cephalites) T. Smith, 1848*

Cephalites: T. Smith, 1848, с. 287.

Типовой вид – *Cephalites compresus* T. Smith, 1848; сеноман, Англия.

Диагноз. Низкие бокалы с субгоризонтальным верхним краем, который закрыт кортикальной мембраной с мелкими шипами. Высота бокала редко превышает значение его диаметра по верхнему краю. Толщина стенки минимальна в основании. Куцые ризоиды образованы слиянием двух-трех дермальных ребер. Известны пережимы и односторонние смещения стенки.

Видовой состав. 7 видов. *Cephalites compresus* Smith, 1848; *C. alternans* Smith, 1848; *C. capitatus* Smith, 1848; ? *C. longitudinalis* Smith, 1848; *C. costatus* Perv., 1998; *C. subtilis* Perv., 1998; *C. dubius* Perv., 1998.

Сравнение. От *Orthodiscus* отличается меньшей высотой скелета и отсутствием отворота стенки, редуцированными ризоидами.

Распространение. Сеноман – сантон, ? кампан Европы.

Подрод *Cephalites (Orthodiscus) (Schrammen, 1924)*

Orthodiscus: Schrammen, 1924, с. 25.

Типовой вид – *Orthodiscus fragilis* Schrammen, 1924; мукронатовый сенон, Германия, г. Мизбург.

Диагноз. Бокал высокий цилиндрический, часто с широким основанием или конический. Диаметр округлого оскулюма не превышает высоту бокала до изгиба или ортогонального отворота стенки. Стенка прямая или выпуклая, ее верхний край выпуклый. Выше отворота стенки апопоры неопределенных очертаний беспорядочно расположены. Для цилиндрических форм характерны протяженные дихотомирующие ризоиды, а для конических форм – короткий ризоид. В морфогенезе губок прослеживается возрастание площади отворота стенки при сокращении объема бокаловидной части скелета и проявляются линии пережимов. Более адекватную характеристику подрода содержат описания его сантонских представителей (*O. pedester*), которые могут быть рекомендованы к рассмотрению в качестве типового вида.

Видовой состав. 11 видов. *Orthodiscus pedester* (Eichwald, 1865); *O. poculum* (Zittel, 1877); *O. fragmentalis* Schrammen, 1924; *O. stabilis* Perv., 1998; *O. uvekensis* Perv., 1998; *O. aequalis* Perv., 1998; *O. crassifus* Perv., 1998; *O. cevelitus* Perv., 1998; *O. similimultus* Perv., 1998; *O. explanatus* Perv., 1998; *O. artatus* Perv., 1998.

Сравнение. От *Cephalites* отличается большей высотой бокала и наличием отворота стенки, порой и редуцированного.

Распространение. Коньяк – маастрихт, палеоцен Европы.

Подрод *Cephalites (Magniporites) Pervushov, 1998*

Magniporites: Первушов, 1998, с. 113.

Типовой вид – *Magniporites planus* Pervushov, 1998; нижний сантон, г. Саратов.

Диагноз. Листообразные, субплоские пластины большой толщины, от 15–20 до 30 мм. Диаметр поперечных каналов 2–6 мм. Позитивные элементы скульптуры не обособлены, и плотность их расположения рассчитана на 2 см^2 : $S = 2$ г, $1-2$ б, $3-4$ ос. Губки известны по фрагментам стенки, секторов ее отворота в горизонтальной плоскости. Вероятно, это искусственная группа, вместе с



Flabellispongia, хотя Г. Н. Трестьян рассматривал эти губки как листообразные формы [9].

Видовой состав. 3 вида. *Magniporites planus* Perv., 1998; *M. bicostata* (Trestijan, 1972); *M. koltuni* (Trestijan, 1972).

Сравнение. В составе рода выделяется большими значениями толщины стенки и элементов ирригационной системы.

Распространение. Сенман – маастрихт Русской плиты.

Род *Pleuropygge* Schrammen, 1912

Pleuropygge: Schrammen, 1912, с. 274.

Типовой вид – *Pleuropygge plana* Schrammen, 1912; кампан, Германия.

Диагноз. Полиоскулюрные губки, первичные автономные или первичные колониальные модульные формы, скелет которых образован небольшими цилиндрическими бокалами, расположенными на общем основании в ряд вертикально параллельно или веерообразно. В последнем случае основание скелета узкое, а при параллельном положении модулей почти плоское, с мелкими ризоидами. Толщина стенок 2–6 мм, изменяется по высоте из-за поперечных выростов. В аншлифах не установлено взаимоотношение парагастральных полостей модулей, что не позволяет определить уровень модульной организации губок. Скульптура плохо прослеживается на неровной поверхности плотно расположенных модулей.

Видовой состав. 2 вида. *Pleuropygge plana* Schrammen, 1912; *P. sepeformis* Perv., 1998.

Сравнение. Среди полиоскулюрных, модульных форм вентрикулитид выделяется катенулярным строением скелета.

Распространение. Сантон – кампан Европы.

Род *Rhizopoterionopsis* Lachasse, 1943

Rhizopoterionopsis: Lachasse, 1943, с. 48.

Типовой вид – *Rhizopoterionopsis caillanensis* Lachasse, 1943; кампан, Франция.

Диагноз. Полиоскулюрные первичные автономные модульные формы базального типа: мелкие обособленные бокалы расположены на субплоской пластине. Количество цилиндрических модулей с округлыми оскулюмами варьирует от 2 до 5–7. Толщина стенки бокалов 2–3 мм. Прозопоры овальные мелкие и равны по ширине ребрам. При описании данных форм важно достоверно определить положение парагастральной и дермальной поверхностей базальной пластины, оснований модулей.

Видовой состав. 2 вида. *Rhizopoterionopsis caillanensis* Lachasse, 1943; *R. pruvosti* Defretin-Lefranc, 1958.

Сравнение. В составе семейства это единственный представитель автономий базального типа.

Распространение. Сенман – кампан Европы.

Род *Divicalys* Pervushov, 1998

Divicalys: Пervушов, 1998, с. 112.

Типовой вид – *Divicalys costaflexuosus* Pervushov, 1998; сантон, г. Саратов.

Диагноз. Одиночные губки париформного строения с толщиной стенки 2–5 мм и реже до 6–8 мм. На дермальной поверхности развиты тонкие сучковидные основания ризоидных спикул. Ребра тонкие, равны по ширине бороздам (0,5–1 мм). Круглые прозопоры (0,4–1/0,4–1 мм) отделены низкими и узкими узлами ребер (2,5/0,5 мм). На парагастральной поверхности ребра и борозды тонкие (0,5–1 мм). S = 6–10 г, 5–9 б, 18–26 ос.

Видовой состав. 4 вида. *Divicalys costaflexuosus* Perv., 1998; *D. багаевкensis* Perv., 1998; *D. tenuifiliformis* Perv., 1998; *D. obliquiformis* Perv., 1998.

Сравнение. В составе трибы отличается плотным расположением элементов дермальной скульптуры и наличием шиловидных «ризоид».

Распространение. Сантон – кампан правобережного Поволжья.

Триба *Microblastini* Sinzov, 1872

Диагноз. Дермальная скульптура равномерно рассеянного типа: позитивные элементы равновысокие и порой составляют общую поверхность. Средней толщины, тонкая скелетообразующая стенка образует отвороты, изгибы и желоба, резко асимметричные бокалы.

Сравнение. От *Ventriculitini* отличается строением дермальной скульптуры и большей плотностью расположения ее элементов.

Состав. *Microblastina* Sinzov, 1872; *Lepidospongia* Schluter, 1870.

Подтриба *Microblastina* Sinzov, 1872

Диагноз. Прозопоры разнообразных очертаний ориентированы хаотично, как и позитивные элементы дермальной скульптуры, узлы ребер выпуклые. Изометричные апопоры расположены регулярно.

Сравнение. От *Lepidospongia* отличается наличием элементов парагастральной скульптуры.

Состав. 6 родов. *Microblastium* (Sinzov, 1872); *Sporadoscinia* (Goldfuss, 1833); *Coscinopora* Goldfuss, 1833; *Sestrocladia* Hinde, 1883; ? *Leiostracosia* Schrammen, 1902; *Actinocyclus* Schrammen, 1912.

Род *Microblastium* (Sinzov, 1872)

Ventriculites: Синцов, 1872, с. 54.

Microblastium: Schrammen, 1924, с. 14.

Типовой вид – *Ventriculites spinosus* Sinzov, 1872; нижний сантон, Саратовское правобережье.

Диагноз. Одиночные губки париформного строения с крупными субплоскими шиповидными «ризоидами», расположенными в нижней части бокала или по всей его высоте. Скульптуру обра-



зуют разнообразные по очертаниям иррегулярно расположенные прозопоры. Толщина стенки 6–18 мм. Верхний край плоский или выпуклый. Отворот стенки не характерен. Крупные «ризоиды» ограничивают субплоские сегменты бокала, придавая оскулюму округло-полигональные очертания. В филогенезе прослеживается уменьшение толщины стенки, увеличение высоты и диаметра бокала при уменьшении количества и размера ризоид.

Характеристика рода [3, 6] дана по фрагментам стенки кампанских форм, строение которых отличается от ранних представителей группы. В качестве типового вида рассматривается *Ventriculites spinosus*. И. Ф. Синцов дополнил описание форм удачными литографиями [10, с. 54].

Видовой состав. Более 10 видов. *Microblastium spinosum* (Sinzov, 1872); ? *M. decurrens* Schrammen, 1924; *M. rhomboporon* Defretin-Lefranc, 1958; ? *M. prochorovi* (Schteglowa-Borodina, 1960); *M. khokhlovi* Perv., 1998; *M. cylindratum* Perv., 1998; *M. laperinaceus* Perv., 1998; *M. limatulum* Perv., 1998; *M. panticicalix* Perv., 1998; *M. latisubsculum* Perv., 1998; *M. credibilie* Perv., 1998; *M. praedictum* Perv., 1998; *M. hyponomus* Perv., 1998.

Сравнение. Выделяется шиповидными основаниями ризоидных спикул и хаотичным расположением прозопор разной формы.

Распространение. Апт – маастрихт и палеоцен Европы.

Род *Sporadoscinia* (Goldfuss, 1833)

Диагноз. Скелет париформный: конический бокал с коротким ризоидом – стержнем. В строении дермальной скульптуры преобладают прозопоры разных очертаний, узлы ребер также отличаются разнообразием контуров, ребра тонкие. Элементы дермальной скульптуры в основании бокала продольно вытянуты и плотно расположены, в средней части они крупных размеров и ориентированы неупорядоченно, а ближе к верхнему краю их положение более регулярно. На ровной парагастральной поверхности в «шахматном» порядке прослеживаются овальные апопоры.

Состав. 3 подрода. *Sporadoscinia* (*Sporadoscinia*) (Goldfuss, 1833); ? *S.* (*Leiostracosia*) (Schrammen, 1902); *S.* (*Tenuireticula*) Pervushov, 2002.

Сравнение. Отличается разнообразием расположения разных по очертаниям прозопор, обращенным соотношением скульптур.

Подрод *Sporadoscinia* (*Sporadoscinia*) (Goldfuss, 1833)

Scyphia: Goldfuss, 1833, с. 21.

Sporadoscinia: Pomel, 1872, с. 84.

Типовой вид – *Scyphia decheni* Goldfuss, 1833; верхний мел, Германия.

Диагноз. Одиночные и первичные автономные формы. Стенка неровная и обычно вы-

пуклая толщиной 3–6 мм с линиями пережимов. Короткий секторальный ортогональный отворот развит редко. Верхний край выпуклый, равновысокий. Размер полигональных, субтреугольных, округлых и неправильных очертаний прозопор изменяется от 0,5 мм до 2–2,5 мм. Расположены они иррегулярно, иногда в виде сочетаний или в продольных и горизонтальных рядах. $S = 18–20$ и до 40–50 ос.

Видовой состав. Более 10 видов. *Sporadoscinia decheni* (Goldfuss, 1833); *S. venosa* Roemer, 1841; *S. stellata* Schrammen, 1902; *S. quenstedti* Schrammen, 1912; *S. alta* Perv., 2000; *S. asimmetrica* Perv., 2000; *S. corniforme* Perv., 2000; *S. cuneata* Perv., 2000; *S. humililata* Perv., 2000; *S. humilibliqua* Perv., 2000; *S. minuta* Perv., 2000; *S. ocreacea* Perv., 2000; *S. trisorora* Perv., 2000; ? *S. cariosa* Roemer, 1841; ? *S. capax* Hinde, 1883; ? *S. stirps* Schrammen, 1902; ? *S. teutoniae* Schrammen, 1912.

Сравнение. От *Tenuireticula* отличается большей толщиной стенки и иррегулярным положением более крупных элементов скульптуры.

Распространение. Сенومان – маастрихт Европы.

Подрод ? *Sporadoscinia* (*Leiostracosia*) (Schrammen, 1902)

Leiostracosia: Schrammen, 1902, с. 12.

Типовой вид – *Leiostracosia punctata* Schrammen, 1902; верхний мел, Германия.

Диагноз. Скелет париформный тонко-, среднестенный. Верхний край выпуклый. Основу дермальной скульптуры составляют бугорки субквадратных очертаний, расположенные в продольных или концентрических рядах, иногда хаотично. К бугоркам приурочены мелкие остия в количестве от одной до трех, реже более. На одном бугорке размеры и очертания остий могут отличаться. В строении некоторых форм остия явным образом не прослеживаются. Парагастральная скульптура представлена продольными параллельными ребрами и бороздами, к последним приурочены апопоры. Характеристика *Leiostracosia* представляется неоднозначной, что отчасти обусловлено особенностями сохранности фоссилий.

Видовой состав. 5 видов. *Leiostracosia punctata* Schrammen, 1902; *L. alcynoides* (Mantell, 1822); *L. ? tuberculosa* (Roemer, 1864); *L. robusta* (Schrammen, 1902); *L. farandesi* Schrammen, 1912.

Распространение. Сенومان – кампан Западной Европы.

Подрод *Sporadoscinia* (*Tenuireticula*) Pervushov, 2002

Tenuireticulus: Пervушов, 2002, с. 103.

Типовой вид – *Tenuireticula concavoconvexus* Pervushov, 2002; нижний сантон, г. Саратов.

Диагноз. Одиночные формы, стенка тонкая (2–3 мм), образует складки и изгибы. Элементы



дермальной и парагастральной скульптур мелкие и плотно расположены. Округлые прозопоры ориентированы горизонтально, их диаметр 0,4–0,7 мм. Ширина ребер до 0,5–0,9 мм, размер узла ребер 0,4–0,5 мм. Диаметр апопор 0,3–0,6 мм. В основании бокала, над стержнем, расположено устье. Форма остий и их расположение различаются на плоских и изогнутых секторах стенки. $S = 90-100-130$ os.

Состав. 4 вида. *Tenuireticula concavoconvexus* Perv., 2000; *T. curvatus* Perv., 2000; *T. pliciforme* Perv., 2000; ? *T. micrommate* (Roemer, 1841).

С р а в н е н и е. От *Sporadoscinia* отличается меньшей толщиной стенки и большей плотностью расположения как прозопор, так и апопор.

Р а с п р о с т р а н е н и е. Коньяк – кампан, ? маастрихт Европы.

Род *Coscinopora* Goldfuss, 1833

Д и а г н о з. Скелет париформный, тонкостенный (2–3 мм). Скульптура «реактивная», регулярно равномерно рассеянная. Расположенные в вертикальных и горизонтальных рядах округлые и овальные остия формируют сетчатое сочетание элементов скульптуры. Вертикальные короткие ребра (шириной 0,2–0,3 мм) создают видимость линейности. Узлы ребер короткие, горизонтальные шириной 0,3–0,6 мм. Верхний край узкий. Редко отмечается секторальный короткий отворот. Пережимы плавные. $S =$ от 70 до 180 os: у сеноманских форм – 90–100 os, сантонских – 120–160 os, кампанских – до 220–350 os.

С р а в н е н и е. Среди *Microblastina* представители рода отличаются реактивным соотношением дермальной и парагастральной скульптур.

Состав. 2 подрода. *Coscinopora* (*Coscinopora*) Goldfuss, 1833; *C. (Fericoscinopora)* Pervushov, 1998.

Подрод *Coscinopora* (*Coscinopora*) Goldfuss, 1833

Coscinopora: Goldfuss, 1833, с. 30.

Т и п о в о й в и д – *Coscinopora infundibuliformis* Goldfuss, 1833; кампан, Германия.

Д и а г н о з. Одиночные формы. Оскулом конусовидного бокала округлый. Верхний край расположен горизонтально, у курватных форм он составляет наклонную плоскость. Отворот стенки не характерен.

С р а в н е н и е. От *Fericoscinopora* отличается отсутствием сателлитов на дермальной поверхности.

Р а с п р о с т р а н е н и е. Сеноман – ? маастрихт Европы.

В и д о в о й с о с т а в. 6 видов. *Coscinopora infundibuliformis* Goldfuss, 1833; *C. macropora* Goldfuss, 1833; *C. quincuncialis* (Smith, 1848); *C. curviuscula* Perv., 1999; *C. ocreacea* Perv., 1999; *C. praecuta* Perv., 1999.

Подрод *Coscinopora* (*Fericoscinopora*) Pervushov, 1998

Coscinopora: Malecki, 1980, с. 416–417.

Coscinopora (*Fericoscinopora*): Первушов, 1999, с. 12.

Т и п о в о й в и д – *Coscinopora varibilis* Malecki, 1980; нижний сантон, Польша, окрестности г. Краков.

Д и а г н о з. На дермальной поверхности бокала расположены единичные выросты – сателлиты с субоскулюмами. $S = 200-260$ os. В строении скелета не прослежено соотношение парагастральной полости и субоскулюмов, что затрудняет определение модульной организации губок. Предполагается, что это первичные транситорные модульные формы.

С р а в н е н и е. От *Coscinopora* отличается наличием сателлитов.

Р а с п р о с т р а н е н и е. Нижний сантон Польши.

В и д о в о й с о с т а в. Типовой вид.

Под *Sestrocladia* Hinde, 1883

Д и а г н о з. Париформные одиночные и автономные губки с обращенным соотношением скульптуры: дермальная поверхность гладкая, скульптура отсутствует, парагастральная скульптура представлена диагонально ориентированными негативными и позитивными элементами. При селективной фоссилизации или частичном растворении дермальной поверхности прослеживается ее крапчатый облик.

Состав. 2 подрода. *Sestrocladia* (*Sestrocladia*) Hinde, 1883; *S. (Communitectum)* Pervushov, 1998.

Подрод *Sestrocladia* (*Sestrocladia*) Hinde, 1883

Sestrocladia: Hinde, 1883, с. 218.

Т и п о в о й в и д – *Sestrocladia furcata* Hinde, 1883; сеноман, Англия.

Д и а г н о з. Одиночные губки париформного строения. Толщина стенки 3–5 мм, реже 7–8 мм. При разрушении дермального кортекса проступают округлые остия диаметром до 1 мм, которые при слиянии составляют отверстия неправильных очертаний. Редко проявлен редуцированный секторальный отворот. У выпуклого верхнего края прослеживаются ребра и борозды. Скульптура парагастральной поверхности образована диагонально и продольно ориентированными равновысокими ребрами и узлами ребер, овальными остиями (1–1,5/1–2,5–4 мм). Ребра тонкие (0,8–1,5 мм) и короткие, узлы ребер узкие и прямоугольные. Диаметр апохет 1–1,5–2 мм, прозохеты (0,5–1 мм) с крупными пилами. $Sa = 4-8$ г, 3–7 б, 8–24 os.

В и д о в о й с о с т а в. 13 видов: *Sestrocladia furcata* Hinde, 1883; *S. ruthenica* Dunicowski, 1888; *S. dichotomica* Trestjan, 1972; *S. xeromorpha* Perv., 1998; *S. aspera* Perv., 1998; *S. curva* Perv., 1998; *S. gemina* Perv., 1998; *S. humilis* Perv., 1998; *S. cryptopora* Perv., 1998; *S. entis* Perv., 1998;



S. obtusata Perv., 1998; *S. exisa* Perv., 1998; *S. extricata* Perv., 1998.

С р а в н е н и е. От *Microblastium* и *Sporadoscinia* отличается отсутствием элементов дермальной скульптуры.

Р а с п р о с т р а н е н и е. Сеноман – кампан Европы.

Подрод *Sestrocladia (Communitectum)* Pervushov, 1998

Communitectum: Первушов, 1998, с. 121.

Т и п о в о й в и д – *Communitectum plurifosatum* Perv., 1998; маастрихт, Саратовская область, Буданова гора.

Д и а г н о з. Скелет вторичной текториальной автономии образован несколькими невысокими коническими бокалами, которые расположены ниже соединяющего их горизонтального сектора стенки. Скелет округло-полигональных очертаний, в верхней его части овальные оскулюмы ориентированы в шахматном порядке. При возрастании площади скелета уменьшались размеры модулей. $Sa = 4-5$ г, $3-4$ б, 5 ос.

В и д о в о й с о с т а в. Типовой вид.

С р а в н е н и е. Среди вентрикулитид выделяется уровнем модульной организации и взаиморасположением модулей.

Р а с п р о с т р а н е н и е. Маастрихт правобережного Поволжья.

Род *Actinocyclus* Schrammen, 1912

Actinocyclus: Schrammen, 1912, с. 276; Lagneau-Herenger, 1962, с. 126.

Ubiguiradius: Laubenfels, 1955, с. 81; Wagner, 1963, с. 216.

Т и п о в о й в и д – *Actinocyclus mirus* Schrammen, 1912; кампан, Германия.

Д и а г н о з. Толщина стенки 8–13 мм. Соотношение скульптур обращенное. Квадратные и округло-прямоугольные (2–4 мм) прозопоры составляют вертикальные и горизонтальные ряды, образуя решетчатый облик скульптуры. Парагастральную скульптуру образуют продольные ребра, высокие и широкие (1,5–4 мм), и борозды шириной 1,5–3 мм. Диаметр апо-, прозохет 1,3–2,5 мм. В основании развиты крупные ризоиды. Губки известны по плоским фрагментам стенки. $S = 2-3$ г, $1-2$ б, $4-6$ ос; $Sa = 2-3$ г, $2-3$ б, $4-9$ ос.

В и д о в о й с о с т а в. 4 вида. *Actinocyclus mirus* Schrammen, 1912; *A. pharaonensis* Lagneau-Herenger, 1962; *A. quadroporus* Perv., 1998; *A. eris* Perv., 1998.

С р а в н е н и е. От *Microblastium* и *Sporadoscinia* отличается регулярным «решетчатым» расположением квадратных прозопор.

Р а с п р о с т р а н е н и е. Верхний сантон – маастрихт Европы.

Подтриба *Lepidospongia* Schluter, 1870

Д и а г н о з. Соотношение скульптур дермальной и парагастральной поверхностей обра-

щенное, парагастральная поверхность гладкая, закрыта кортикальной мембраной. По высоте бокала регулярно расположены элементы дермальной скульптуры постоянных размеров и очертаний.

С о с т а в. 3 рода. *Lepidospongia* (Schluter, 1870); *Napaeana* (Schrammen, 1902); *Porocyclus* Defretin-Lefranc, 1958.

Род *Lepidospongia* Schluter, 1870

Д и а г н о з. Одиночные губки париформного строения. Толщина скелета (3–7 мм). В дермальной скульптуре преобладают остия овальных и миндалевидных очертаний (0,5–2/2–3,5 мм). Позитивные элементы образует струйчатый и жилковидный рисунок, выросты спикульного скелета частично диафрагмируют прозопоры. Ребра короткие и тонкие (0,4–1 мм), диагональные, прямые и изогнутые; иррегулярно дихотомизируют, у верхнего края они расположены параллельно. Узлы ребер разных очертаний и размеров, вытянуто-прямоугольные (0,8–3/1,5–3 мм) и выпуклые. Апо-, прозохеты диаметром 0,5–1,5 мм, с двумя-тремя слепыми окончаниями. Пилы крупные. В основании бокала ризоидная спикульная решетка толщиной до 1 мм. $S = 5-7$ г, $4-6$ б, $9-14$ ос.

С о с т а в. *Lepidospongia (Lepidospongia)* (Schluter, 1870); *L. (Flexurispongia)* Perv., 1998; *L. (Scapholites)* Perv., 1998.

Подрод *Lepidospongia (Lepidospongia)* Schluter, 1870

Lepidospongia: Schluter, 1870, с. 138.

Т и п о в о й в и д – *Lepidospongia rugosa* Schluter, 1870; кампан, Германия.

Д и а г н о з. Скелет париформный, конический бокал часто двусторонне симметричный или асимметричный, с протяженным односторонним отворотом. Оскулюм разных очертаний. В основании бокала развиты ризоид-стержень или площадка прикрепления.

В и д о в о й с о с т а в. 13 видов: *Lepidospongia rugosa* Schluter, 1870; *L. convoluta* (Hinde, 1883); *L. fragilis* (Schrammen, 1902); *L. stellata* (Schrammen, 1902); *L. pariecrassa* Perv., 1998; *L. conithalassina* Perv., 1998; *L. porrecta* Perv., 1998; *L. firma* Perv., 1998; *L. explicata* Perv., 1998; *L. aperta* Perv., 1998; *L. rimiformis* Perv., 1998; *L. concavexa* Perv., 1998; *L. laxata* Perv., 1998.

С р а в н е н и е. От *Flexurispongia* и *Scapholites* отличается париформным строением скелета с открытым, истинным оскулюмом.

Р а с п р о с т р а н е н и е. Сеноман – маастрихт Европы.

Подрод *Lepidospongia (Flexurispongia)* Pervushov, 1998

Flexurispongia: Первушов, 1998, с. 126.

Т и п о в о й в и д – *Flexurispongia involuta* Perv., 1998; сантон, Поволжье.



Д и а г н о з. Скелет трубковидный, что обусловлено смыканием противоположных секторов стенки бокала над оскулюмом. Периферийные участки сомкнутых стенок оконтуривают два округлых оскулюма.

В и д о в о й с о с т а в. *Flexurispongia involuta* Perv., 1998; *F. superrapha* Perv., 1998.

С р а в н е н и е. От *Lepidospongia* отличается замкнутыми стенками бокала и наличием двух оскулюмов.

Р а с п р о с т р а н е н и е. Сантон – кампан Поволжья.

Подрод *Lepidospongia* (*Scapholites*) Pervushov, 1998

Scapholites: Первушов, 1998, с. 126–127.

Т и п о в о й в и д – *Scapholites comexpanseus* Perv., 1998; сантон, Поволжье.

Д и а г н о з. Скелет с развернутой стенкой, листовидный, с коротким ризоидом-стержнем. Толщина стенки 3,5–5 мм.

В и д о в о й с о с т а в. 4 вида. *Scapholites comexpanseus* Perv., 1998; *S. concretis* Perv., 1998; *S. dissectus* Perv., 1998; *S. shilovkensis* Perv., 1998.

С р а в н е н и е. От *Lepidospongia* отличается листообразным скелетом.

Р а с п р о с т р а н е н и е. Сантон – кампан Поволжья.

Род *Narapeana* (Schrammen, 1902)

Д и а г н о з. Одиночные и первично автономные губки. В строении дермальной скульптуры заметны мелкие округлые остия и выпуклые узлы ребер, квадратные и прямоугольные. Ребра очень тонкие, вертикальные и диагональные, часто редуцированы. Прозопоры составляют вертикальные, диагональные и горизонтальные ряды. В основании бокала и ризоидах каналы проксимальные. S = 7–12 r, 6–10 b, 20–40 os.

С о с т а в. 2 подрода. *Narapeana* (*Narapeana*) (Schrammen, 1902); *N.* (*Pachyeana*) Perv., 1998.

Подрод *Narapeana* (*Narapeana*) (Schrammen, 1902)

Ventriculites: Синцов, 1878, с. 30.

Eudictyon: Schrammen, 1902, с. 15.

Narapea: Schrammen, 1912, с. 273.

Narapeana: Laubenfels, 1955, с. 57; Ulbrich, 1974, с. 61.

Т и п о в о й в и д – *Eudictyon striatum* Schrammen, 1902; верхний мел, Германия.

Д и а г н о з. Толщина стенки 3–4 мм, постоянна по высоте. Прозопоры мелкие (0,4–1,5/0,4–1,5 мм), узлы ребер выпуклые (0,5–1/1–1,5 мм). В основании бокала 1–2 ризоида или площадка прикрепления.

В и д о в о й с о с т а в. 13 видов. *Narapeana striata* (Schrammen, 1902); *N. plicatopunctata* (Sinzov, 1878); *N. minutile* Perv., 1998; *N. obliqua* Perv., 1998; *N. compressa* Perv., 1998; *N. cylindrata* Perv., 1998; *N. binidula* Perv., 1998; *N. asymmetrica*

Perv., 1998; *N. absoluta* Perv., 1998; *N. contradictoria* Perv., 1998; *N. subplana* Perv., 1998; *N. planifacie* Perv., 1998; *N. indistincta* Perv., 1998.

С р а в н е н и е. От *Pachyeana* отличается подвижным положением тонкой стенки и меньшими размерами элементов скульптуры.

Р а с п р о с т р а н е н и е. Турон – кампан, ? маастрихт Европы.

Подрод *Narapeana* (*Pachyeana*) Pervushov, 1998

Pachyeana: Первушов, 1998, с. 131.

Т и п о в о й в и д – *Pachyeana minordosa* Perv., 1998; сантон, Поволжье.

Д и а г н о з. Бокал массивный, толщина стенки 4–6 мм. Дермальную скульптуру составляют крупные элементы: размеры остий и узлов ребер сопоставимы (1–1,5–2/1–1,5 мм, реже до 3–4 мм). Ребра тонкие (0,3–0,5 мм) или не прослеживаются. Диаметр апо-, прозохет 0,5–0,8–1 мм.

В и д о в о й с о с т а в. 4 вида. *Pachyeana minordosa* Perv., 1998; *P. fragmentale* Perv., 1998; *P. campana* Perv., 1998; *P. striatella* Perv., 1998.

С р а в н е н и е. От *Narapeana* отличается большей толщиной стенки и меньшей плотностью расположения элементов дермальной скульптуры.

Р а с п р о с т р а н е н и е. Сантон – кампан Поволжья.

Род *Porocyclus* Defretin-Lefranc, 1958

Ubiguiradius: Laubenfels, 1955, с. 81.

Porocyclus: Defretin-Lefranc, 1958, с. 69.

Т и п о в о й в и д – *Porocyclus: ortogoniopsis* Defretin-Lefranc, 1958; коньяк, Франция.

Д и а г н о з. Губки известны по плоским фрагментам стенки толщиной 4–6 мм. Элементы дермальной скульптуры продольно ориентированы. Ребра тонкие, прямые и извилистые. Узлы ребер с двумя и более противоположно направленными продольными короткими выростами. Положение этих выростов регулярное или хаотичное, в последнем случае узлы ребер прерываются. Прозопоры субквадратные и прямоугольные, а из-за выростов узлов ребер их очертания принимают вид литеры «Н». При разрушении парагастрального кортекса проступают звездообразные остия. Апо-, прозохеты тонкие (0,7–1 мм), пильчатые. S = 4–7 r, 3–5 b, 8–13 os.

С о с т а в. 4 вида: *Porocyclus ortogoniopsis* Defretin-Lefranc, 1958; *P. plagiochetus* Defretin-Lefranc, 1958; *P. crymensis* Perv., 1998; *P. calvimontis* Perv., 1998.

С р а в н е н и е. От *Lepidospongia* отличается регулярным положением элементов дермальной скульптуры и очертаниями прозопор.

Р а с п р о с т р а н е н и е. Коньяк – маастрихт, ? палеоцен Европы.

Подсемейство *Rhizopoterioninae* Goldfuss, 1833

Д и а г н о з. Доминирующий элемент скелета – стержень, в основании которого развиты



ризоиды, а в верхней его части расположено основание стенки бокала, на парагастральной поверхности которой элементы скульптуры не прослеживаются.

С о с т а в. Триба *Rhizopoterionini* Goldfuss, 1833.

С р а в н е н и е. От *Ventriculitinae* отличается наличием стержня с продольными каналами, которые прослеживаются и в стенке бокала.

Р а с п р о с т р а н е н и е. Мел – палеоцен Европы.

Триба *Rhizopoterionini* Goldfuss, 1833

Д и а г н о з. Продольные гладкие каналы проходят от ризоидов до основания стенки бокала и до верхнего ее края. В стенке развиты поперечные апо-, прозохеты. Паренхимальные каналы плотно расположены и свободно ориентированы. Выпуклая поверхность стержня и ризоидов пронизана продольно вытянутыми червеобразными остиями. На дермальной поверхности стенки прозопоры округлые, ребра тонкие и диагональные, узлы ребер субквадратные. Парагастральная поверхность покрыта кортексом.

С о с т а в. 3 рода. *Rhizopoterion* Goldfuss, 1833; *Schizorabdus* Zittel, 1877; *Sororistirps* (Mantell, 1822).

Род *Rhizopoterion* (Goldfuss, 1833)

Д и а г н о з. Интерканальная решетка стержня состоит из узких призматических клеток (0,08–0,1–0,18/0,15–0,25 мм), ориентированных вдоль каналов и наружной поверхности. Диаметр спикул с шипами 0,03–0,07 мм; размер узла лихнисков 0,07–0,1 мм. Интерканальная решетка бокала образована широкими кубическими, а у поверхности – призматическими клетками (0,2–0,38 мм). Диаметр спикул 0,04–0,08 мм, узла лихнисков 0,07–0,08–0,1 мм. Переход между типами спикульной решетки фиксируется по изменению формы и размеров клеток, при котором узел лихнисков принимает правильные очертания. Паренхимальная спикульная решетка образована крупными кубическими клетками (0,23–0,38–0,5 мм). Парагастральный и дермальный кортекс сложен мелкими клетками (0,08–0,1/0,13 мм), селективно образует покров толщиной 0,75 мм. Клетки ризоидной решетки размером 0,09–0,13/0,15 мм. S (бокала) = 3 г, 3 б, 6–7 ос.

С о с т а в. 4 подрода. *Rhizopoterion* (*Rhizopoterion*) Goldfuss, 1833; *R. (Ramefossa)* Perv., 1998; *R. (Vanistirps)* Perv., 1998; *R. (Columelloculus)* Perv., 1998.

С р а в н е н и е. От *Sororistirps* отличается строением элементов скульптуры бокала, от *Schizorabdus* – замкнутым конусообразным бокалом.

Подрод *Rhizopoterion* (*Rhizopoterion*) (Goldfuss, 1833)

Scyphia: Goldfuss, 1826–33, с. 18.

Т и п о в о й в и д – *Scyphia cervicornis* Goldfuss, 1833; верхний мел, Германия.

Д и а г н о з. Стержень округлый и фасолевидный в поперечном сечении составляет половину или более половины высоты скелета. Толщина стенки бокала 3–5 мм, реже до 9 мм. В основании стержня остия расположены беспорядочно, а в нижней части бокала они приобретают регулярное положение. Дермальная скульптура бокала образована тонкими ребрами (0,5–1 мм), мелкими ромбическими и овальными прозопорами (0,7–1,6/1,5–3 мм), квадратными узлами ребер (0,8–1/5–6 мм). На поверхности стержня остия размером 0,3–0,5, реже 1/4–10 мм, углубляются по направлению вверх, «ребра» шириной 0,4–0,7 мм. Диаметр продольных каналов (0,4–1,3 мм) увеличивается в верхней части (на 1 см² – от 4–5 до 9–10 каналов). В стенке бокала преобладают тонкие апо-, прозохеты (0,5–0,7 мм до 1,2 мм; на 1 см² – 7–9 каналов), с редкими пилами.

В и д о в о й с о с т а в. 9 видов. *Rhizopoterion cervicorne* (Goldfuss, 1833); *R. interruptum* (Eichwald, 1865); ? *R. bajdarensis* Schemiakin, 1965; *R. fungiforme* Perv., 1998; *R. imucalix* Perv., 1998; *R. supralicharevi* Perv., 1998; *R. solumiforme* Perv., 1998; *R. santonicum* Perv., 1998; *R. cochlear* Perv., 1998.

С р а в н е н и е. Среди известных представителей рода выделяется очертаниями и диаметром проксимальных каналов.

Р а с п р о с т р а н е н и е. Верхняя юра, верхний мел – палеоцен Европы.

Подрод *Rhizopoterion* (*Ramefossa*) Pervushov, 1998

Ramefossa: Первушов, 1998, с. 137.

Т и п о в о й в и д – *Ramefossa multilinea* Perv., 1998; нижний сантон, Поволжье.

Д и а г н о з. Скелет палкообразный, с едва заметными стенками бокала. Толщина стенки (2–3 мм до 4–6 мм) соотносится с изменением диаметра стержня. Плотно расположенные элементы дермальной скульптуры заметны ближе к верхнему краю: прозопоры изометричные (0,5–0,6/1–1,5 мм), ребра диагональные тонкие (0,25–0,5 мм), узлы ребер квадратные (0,7–1 мм). На поверхности стержня остия тонкие (0,5/1,5–3 мм). Продольные каналы тонкие (0,5–0,7 мм) и ровные, ближе к паренхимальному стволу и в верхней части – с пилами. Поперечные каналы короткие, диаметр апохет – 0,5 мм, а прозохет 0,25–0,3 мм. Количество коротких ризоид 2–4.

В и д о в о й с о с т а в. 4 вида. *Ramefossa multilinea* Perv., 1998; *R. tenuireducta* Perv., 1998; *R. tarda* Perv., 1998; *R. calamus* Perv., 1998.

С р а в н е н и е. От *Rhizopoterion* отличается меньшими размерами продольных каналов и остий на поверхности стержня.

Р а с п р о с т р а н е н и е. Сантон – кампан Поволжья.



Подрод *Rhizopoterion* (*Vanistirps*) Pervushov, 1998

Vanistirps: Первушов, 1998, с. 140.

Типовой вид – *Vanistirps semifera* Perv., 1998; сантон, Поволжье.

Диагноз. Скелет стержнеобразный со слабо выраженной стенкой бокала, толщина которой 4–6 мм. Дермальная поверхность неровная, элементы скульптуры неизвестны. Апо-, прозохеты короткие и тонкие. Единичные продольные каналы в поперечном сечении дугообразные, обращенные выпуклостью наружу. Развита редкие мелкие ризоиды.

Видовой состав. 2 вида: *Vanistirps semifera* Perv., 1998; *V. caecitergum* Perv., 1998.

Сравнение. От *Rhizopoterion* отличается отсутствием скульптуры на поверхности стержня и очертаниями продольных каналов.

Распространение. Сантон Поволжья.

Подрод *Rhizopoterion* (*Columelloculus*) Pervushov, 1998

Columelloculus: Первушов, 1998, с. 137.

Типовой вид – *Columelloculus triuterus* Perv., 1998; нижний кампан, Поволжье.

Диагноз. Скелет в виде узкоконического стержня, на различных уровнях дермальной поверхности которого расположены почковидные образования с округлыми оскулюмами на вершинах. Каналы проксимальные.

Видовой состав. Типовой вид.

Сравнение. От *Rhizopoterion* отличается наличием субмодулей.

Распространение. Кампан Поволжья.

Род *Sororistirps* (Mantell, 1822)

Retispongia: Roemer, 1864, с. 15.

Ventriculites: Mantell, 1882, с. 168 (pars).

Rhizopoterion: Schrammen, 1912, с. 213 (pars); Hurcevicz, 1968, с. 75.

Типовой вид – *Ventriculites radiatus* Mantell, 1822; верхний мел, Англия.

Диагноз. Нижняя часть конического бокала погружена в ложный стержень, который плавно переходит в систему ризоид. Бокал резко отличается от ложного стержня строением скульптуры, ориентацией каналов и строением спикульной решетки. Толщина стенки бокала, который составляет две трети высоты скелета, изменяется от 3–4 мм до 8–10 мм, редко до 13 мм. Дермальная скульптура бокала равномерно-линейная: ребра плоские (1–1,5–2 мм) и тонко шиповатые, узлы ребер прямоугольные и тонкие (0,5–1/3–6 мм), овальные прозопоры (0,7–2/3–5 мм) расположены в бороздах или рядах. S = 3–5 г, 3–4 б, 5–8 ос. Парагастральная скульптура представлена тонкими продольными ребрами и бороздами. На поверхности ризоидов и ложного стержня иррегулярно расположены щелевидные остия. Изменения в строении скульптуры проявлены в рельефе поверхности скелета, по выступающей верхней

части корковидного ложного стержня. Бокал часто сохраняется отдельно от ложного стержня. Диаметр продольных каналов 0,5–1,5 мм. Они проходят от ризоидов, где они расположены плотно, и прослеживаются в стенке бокала в 2–3 ряда под дермальными ребрами, где они меандрируют, огибая поперечные каналы. Апо-, прозохеты диаметром 0,3–1/2 мм. Пилы развиты у апохет в 2–3 ряда и длиной до 3 мм.

Видовой состав. Более 7 видов. *Sororistirps radiatum* (Mantell, 1822); *S. tubiforme* (Schrammen, 1912); *S. solidium* (Schrammen, 1912); *S. coniformis* (Hurcevicz, 1968); *S. rare* Perv., 1998; *S. pertusus* Perv., 1998; *S. oblongus* Perv., 1998.

Распространение. Альб – палеоцен Европы.

Под *Schizorabodus* Zittel, 1877

Schizorabodus: Zittel, 1877, с. 361.

Типовой вид – *Schizorabodus libycus* Zittel, 1877; верхний мел, Ливийская пустыня.

Диагноз. Узкоконический или листообразный скелет образован протяженным стержнем и разомкнутыми стенками бокала. В строении некоторых форм парагастральная полость пронизывает стенку в основании бокала. Толщина стенки 7–9 мм и до 12 мм. На выпуклой дермальной поверхности преобладают прозопоры округлые (1–1,5 мм) и узлы ребер квадратные (1–1,5 мм); ребра тонкие, короткие и диагональные. На парагастральной поверхности остия мелкие и удлинённые. Ближе к дермальной поверхности развиты короткие поперечные каналы с пилами (диаметр 0,5–1,5 мм). Параллельно парагастральной поверхности, от основания скелета проходят четыре–пять продольных каналов с пилами (диаметр 1–2 мм). Интерканальная решетка сложена мелкими призматическими клетками в основании скелета и кубическими у верхнего края (0,11–0,3 мм). Диаметр спикул 0,04–0,06 мм, узлы лихнисков не четкие.

Видовой состав. 3 вида. *Schizorabodus libycus* Zittei, 1877; *S. khmylevskyi* Perv., 1998; *S. varifolium* Perv., 1998.

Сравнение. От *Rhizopoterion* отличается взаиморасположением продольных и поперечных каналов в разомкнутой стенке бокала.

Распространение. Сантон – маастрихт Европы и Африки.

Библиографический список

1. Первушов Е. М. Позднемеловые вентрикулитидные губки Поволжья // Труды / НИИ геологии Сарат. ун-та. Т. 2. 1998. 168 с.
2. Первушов Е. М. Позднемеловые скелетные гексактинеллиды России. Морфология и уровни организации. Семейство *Ventriculitidae* (Phillips, 1875), partim; семейство *Coeloptychiidae* Goldfuss, 1833 – (*Lychniscosa*); семейство *Leptophragmidae* (Goldfuss, 1833) – (*Hexactinosa*). Саратов: Научная книга, 2002. 274 с.



3. Schrammen A. Die Kieselspongien der Oberen Krede von Nordwestdeutschland. Т. 3–4 // Monogr. Geol. und Paleontol. S. 1. H. 2. Berlin : Verlag von Gebruder Borntraeger, 1924. S. 1–159.
4. Цуммель К. А. Основы палеонтологии (палеозоология). Ч. 1. Беспозвоночные. М. ; Л. : Изд-во ОНТИ–НКТП, 1934. 1056 с.
5. Laubenfels M. Porifera // Treathis on invertebrata paleontology. Part E. Geol. Soc. Amer., Kansas : The University of Kansas, 1955. P. 21–121.
6. Defretin-Lefranc S. Contribution a l'etude des spongiaires siliceux du Cretace superieur du Nord de la France // These doct. sci. natur. Lille, 1958. 178 p.
7. Основы палеонтологии. Губки. Археоциаты. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1962. 485 с.
8. Treathis on Invertebrate Paleontology. Part E (Revised). Vol. 3. Porifera. Kansas : The University of Kansas, 2000. 872 p.
9. Третьяк Г. Н. Новые стеклянные губки из верхнего мела Приднестровья // Палеонтологический журнал. 1972. № 2. С. 32–41.
10. Синцов И. Ф. О юрских и меловых окаменелостях Саратовской губернии // Материалы геологии России. С.-Петербург : Изд-во Императорской Академии наук, 1872. Т. 4. С. 1–128.

Образец для цитирования:

Первушов Е. М. Состав и структура семейства Ventriculitidae (Porifera, Hexactinellida) // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 1. С. 49–62. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-49-62>

Cite this article as:

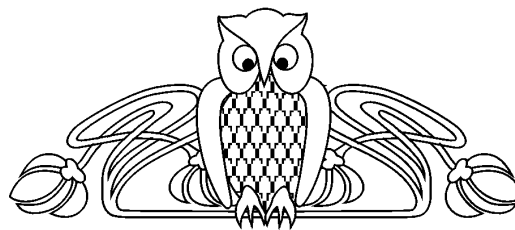
Pervushov E. M. Composition and Structure of the Ventriculitidae (Porifera, Hexactinellida) Family. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2019, vol. 19, iss. 1, pp. 49–62 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-49-62>



УДК 631.48:546.6:574.4

Органическое вещество в почвах города Вольска (Саратовская область)

М. В. Решетников, Д. С. М. Маджид,
С. Д. Шкодин, Н. Б. Юдин



Решетников Михаил Владимирович, кандидат географических наук, старший научный сотрудник отделения геологии НИИ ЕН, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, rmv85@list.ru

Маджид Длер Салам Маджид, аспирант кафедры общей геологии и полезных ископаемых, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, dilersalam1989@gmail.com

Шкодин Сергей Дмитриевич, бакалавр геологии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, sergei.schkodin@mail.ru

Юдин Никита Борисович, бакалавр геологии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, nikita-yudin1996@yandex.ru

Определена концентрация органического вещества в почвах г. Вольск (Саратовская область). Установлено, что она изменяется в пределах от 0,57 до 2,34% при среднем значении 1,88%. Распределение органического вещества на фоновой территории оказалось следующим: концентрация изменялась от 2,03 до 2,33% со средним значением 2,25%. Таким образом, на территории Вольска отмечается уменьшение содержания органического вещества по сравнению с фоновыми значениями. С учётом выявленной тенденции к уменьшению плодородия почвенного покрова на территории Вольска и сведений о возможных причинах активизации этого процесса разработан ряд рекомендации, способствующих накоплению органического вещества.

Ключевые слова: органическое вещество, почва, город Вольск.

Organic Matter in the Soils of the City of Volsk (Saratov Region)

M. V. Reshetnikov, D. S. M. Majeed, S. D. Shkodin,
N. B. Iudin

Mikhail V. Reshetnikov, <https://orcid.org/0000-0001-8298-029X>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya Str., Saratov 410012, Russia, rmv85@list.ru

Dler S. M. Majeed, <https://orcid.org/0000-0001-5323-1222>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya Str., Saratov 410012, Russia, dilersalam1989@gmail.com

Sergei D. Shkodin, <https://orcid.org/0000-0003-4652-7556>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya Str., Saratov 410012, Russia, sergei.schkodin@mail.ru

Nikita B. Iudin, <https://orcid.org/0000-0002-8330-0249>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya Str., Saratov 410012, Russia, nikita-yudin1996@yandex.ru

The concentrations of organic matter in the soils of Volsk (Saratov region) are determined. It was found that the concentration of organic matter varies from 0.57 to 2.34% with an average value of 1.88%. The distribution of organic matter in the background area varies from 2.03 to 2.33% with an average value of 2.25%. Thus, it can be noted that in the city of Volsk a decrease in the content of organic matter is observed in comparison with the background values. Taking into account the revealed tendency to decrease the fertility of the soil cover in the city of Volsk and information on possible reasons for the activation of this process, a number of recommendations have been developed that promote the accumulation of organic matter.

Keywords: organic matter, soil, city of Volsk.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-63-67>

Введение. Изучение почв городских территорий в связи с ростом урбанизации является актуальной природоохранной задачей. В пределах урбанизированных территорий химические и физические свойства почв резко отличаются от свойств почв фоновых территорий. В городских почвах, особенно в почвах промышленных населенных пунктов, сильно возрастает концентрация тяжелых металлов, карбонатов, оксидов железа и других загрязнителей. В почвах урбанизированных территорий изменяются биогеохимические циклы углерода и азота. Факторы, препятствующие и способствующие накоплению углерода в почвах, а также примеры накопления и рассеивания углерода в почвах различных городов хорошо представлены в работе Ю. Н. Водяницкого [1].

Целью нашей работы является анализ содержания органического вещества в почвах г. Вольск (Саратовская область).

Объект и предмет исследования. Вольск располагается на правом берегу Волги в 111 километрах к северо-востоку от Саратова. Исторически Вольск основан на речках Верхней и Нижней Малыковках, в настоящее время практически обмелевших и убранных в городские коллекторы. Вольск находится в лесостепной зоне вблизи меловых гор. Вид на горы открывается из разных частей города, в их районе с конца XIX века ведётся добыча полезных ресурсов, в частности, для нужд цементной промышленности.

В Вольске функционируют молокозавод, хлебозавод, кондитерская фабрика, основанный в 1971 году «Вольский механический завод», завод по производству металлургического оборудования. Таким образом, Вольск является городом с хорошо развитой промышленностью,



вследствие чего можно ожидать, что экологическое состояние почв на его территории должно резко отличаться от состояния почв на фоновых территориях.

Методы исследования. В различных частях города было заложено 50 площадок опробования, на каждой из которых отобрано по одной пробе с глубины 0–10 см (рисунок). В качестве фоновой участка была выбрана территория, расположенная в 10 км от города, относящаяся к категории сельскохозяйственных земель. Всего было отобрано 10 фоновых проб. В образцах определяли следующие почвенно-диагностические показатели: рН водной вытяжки; содержание органического вещества по методу Тюрина в модификации ЦИНАО при использовании фотоэлектроколориметра КФК-3.

Результаты и их обсуждение. В пределах одного города свойства почв варьируют, но есть общая тенденция. В тех местах, где плотность почвы повышена, отмечается недостаточное содержание доступной влаги, элементов питания, органического углерода [2].

Важным является изменение содержания и состава органического вещества в городских почвах. Оно во многом зависит от истории конкретного города и ведения ландшафтного хозяйства в его черте [3]. Варьирование свойств определяется не только степенью загрязнения почв, но и результатом озеленения, когда улицы и парки засаживаются экзотическими растениями и деревьями, изменяющими цикл питания элементов и состав почвенных микроорганизмов [2, 4, 5].

Влияние города на запасы почвенного углерода неоднозначно. Они могут увеличиваться или уменьшаться по сравнению с фоновой концентрацией в разных городах. В своей работе мы рассматриваем распределение органического вещества в почвенном покрове города Вольска и его соотношение с фоновыми значениями.

Концентрация органического вещества в почвенном покрове г. Вольска изменятся в пределах от 0,57 до 2,34% при среднем значении 1,88% (таблица). В одной пробе (2% от общего числа проб) значение органического вещества было менее 1%, в 24 пробах (48%) значение изменялось

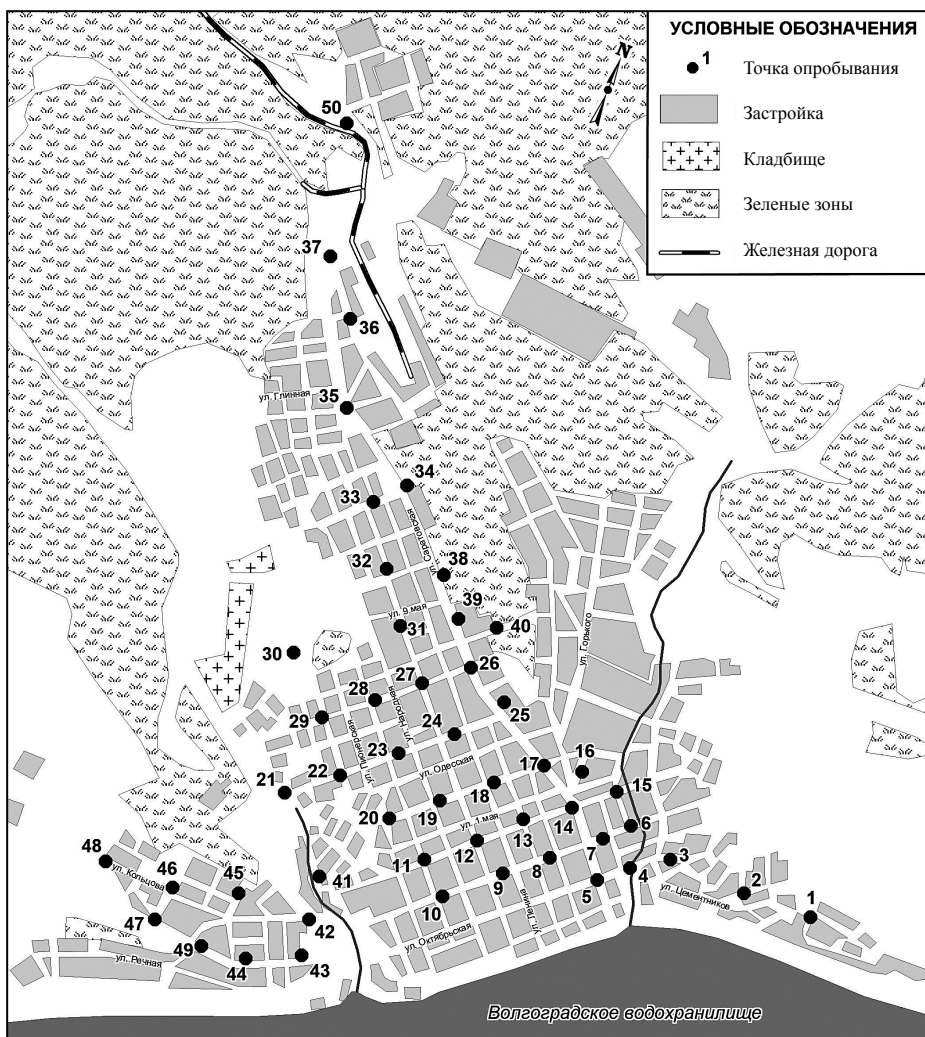


Схема расположения точек отбора почвенных образцов на территории г. Вольск



Концентрация органического вещества в почвенном покрове г. Вольска и на фоновом участке

Номер пробы	Органическое вещество, по Тюрину, %	Номер пробы	Органическое вещество, по Тюрину, %
1	1,95	26	2,10
2	1,99	27	1,94
3	1,94	28	2,25
4	2,29	29	2,12
5	2,08	30	2,13
6	2,07	31	1,87
7	1,30	32	1,70
8	2,02	33	1,03
9	0,57	34	1,92
10	2,01	35	2,04
11	2,06	36	2,02
12	2,08	37	2,13
13	2,02	38	1,66
14	1,86	39	1,59
15	1,74	40	2,04
16	2,24	41	1,85
17	1,95	42	1,55
18	2,24	43	1,82
19	1,94	44	1,05
20	1,97	45	2,01
21	2,10	46	1,58
22	2,07	47	2,34
23	2,14	48	2,14
24	1,56	49	1,37
25	1,71	50	2,07
Фон 1	2,38	Фон 6	2,14
Фон 2	2,22	Фон 7	2,36
Фон 3	2,30	Фон 8	2,35
Фон 4	2,12	Фон 9	2,03
Фон 5	2,39	Фон 10	2,18

от 1 до 2% и в 25 пробах (50%) органическое вещество составляет от 2 до 3%. По данным С. Н. Горбова и О. С. Безугловой, подобная концентрация органического вещества характерна для поверхностных горизонтов урбаноземов среднемощных экранированных на черноземе обыкновенном карбонатном (1,39%) города Ростова-на-Дону [6].

Распределение органического вещества на фоновой территории оказалось следующим: концентрация изменялась от 2,03 до 2,33% со средним значением 2,25%. Таким образом, на территории города Вольска отмечается уменьшение содержания органического вещества по сравнению с фоновыми значениями.

Существуют причины, приводящие к обеднению почв органическим веществом. Первая причина – это переуплотнение почвенного покрова в пределах урбанизированных территорий.

Например, при строительстве дорог, зданий и сооружений используется тяжелая техника, которая разрушает почвенные агрегаты и снижает пористость. Уплотнение почвы подавляет микробиологическую активность в почвах, нарушает жизнедеятельность корневой системы растений. При активном строительстве на урбанизированных территориях часть почвенного покрова снимается или может быть погребена под грунтами, за счет этого также происходит потеря органического вещества.

Вторая причина снижения органического вещества в городских почвах – уборка листового опада в городских парках и скверах. Активное загрязнение химическими поллютантами также является причиной уменьшения плодородия почв.

С учётом выявленной тенденции к уменьшению плодородия почвенного покрова на территории города Вольска и сведений о возможных



причинах активизации этого процесса можно разработать ряд рекомендаций, выполнение которых будет способствовать накоплению органического вещества.

Выводы и рекомендации. Развитие озеленения. Есть данные об изменении состава биоты в почвах городских газонов [7]. Так, изменился состав микроорганизмов в почвах под газонами в городах северной части шт. Колорадо, США [8]. Масса бактерий и грибов была вдвое больше, чем в почве некосимой степи, и втрое больше, чем в почве на пшеничном поле. Это положительно отразилось на запасах органического углерода и общего азота.

В Москве также отмечают пророст содержания органического вещества в почвах селитебной зоны. Это связано с внесением в почву компостов за последние 7–10 лет, поливом газонов и другими мерами [9, 10].

Кратко отметим меры, направляемые на повышение плодородия городских почв. Среди них заселение дождевых червей, внесение торфа, устройство орошения и осушения почв [11, 12]. Городское озеленение должно ориентироваться на максимальное накопление углерода в почвах, предотвращая его поступление в атмосферу [13].

Оценка эколого-геохимического состояния почвенного покрова. Тяжелые металлы ингибируют организмы, занимающиеся деструкцией растительных остатков и опада. Действие тяжелых металлов изучено во многих городах. Изменения в качестве и количестве опада согласуются с накоплением на поверхности тяжелых металлов: Pb, Cu, Ni [14]. Вследствие этого на территории города Вольска необходимо проводить эколого-геохимические исследования содержания неорганических (тяжелые металлы) и органических (нефтепродуктов) загрязнителей.

Контроль над поступлением аэриального антропогенного углерода. В городские почвы элементарный углерод поступает аэриальным путем в виде обуглероженных отходов, сажки, частиц угля и т. д. Элементарный углерод представляет собой высокоустойчивое вещество [15], источник которого – продукты неполного окисления и пиролиза твердого или жидкого топлива.

Наряду с элементарным углеродом городская пыль содержит магнитные сферулы, состоящие в основном из магнетита, который попадая в почву, увеличивает её магнитную восприимчивость. Так как магнитные сферулы поступают вместе с другими поллютантами, в частности с тяжелыми металлами, магнитная восприимчивость почв способна выполнять важную индикационную функцию: ее величину широко используют для мониторинга загрязнения городских почв тяжелыми металлами [16, 17].

Кроме того, по величине магнитной восприимчивости можно судить о загрязнении городских почв экзогенным органическим веществом. Это установлено в ходе анализа городского высокомаг-

нитной пыли в городе Вулвергемптон, Великобритания [18]. Городская пыль обогащена органическим веществом. На улице с большим автомобильным движением магнитная восприимчивость пыли в среднем достигала $1112 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$, а содержание в пыли $S_{\text{орг}}$ составляло 26%; в спальном районе магнитная восприимчивость пыли всего $155 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$, а содержание в пыли $S_{\text{орг}}$ 14%.

Таким образом, настоятельно рекомендуем проведение петромагнитных исследований почвенного покрова и придорожной пыли на территории города Вольска для оценки поступления аэриального антропогенного углерода и техногенных магнитных частиц в почвенный покров.

Благодарности и финансирование: *Статья подготовлена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 17-77-10040).*

Библиографический список

1. Водяницкий Ю. Н. Органическое вещество в городских почвах (обзор литературы) // Почвоведение. 2015. № 8. С. 921–931.
2. Pickett S. T. A., Cadenasso M. L., Grove J. M., Groffmann P. N. Beyond urban legends : an emerging framework of urban ecology, as illustrated by the Baltimore ecosystem study // BioScience. 2008. Vol. 58. P. 139–150.
3. Jim C. Y. Physical and chemical properties of a Hong Kong roadside in relation to urban tree growth // Urban Ecosyst. 1988. Vol. 2. P. 171–181.
4. Cadenasso M. L., Pickett S. T. A., Grove J. M. Integrative approaches to investigating human_natural systems : The Baltimore ecosystem study // Natures Sci. Soc. 2006. Vol. 14. P. 1–14.
5. Cadenasso M. L., Pickett S. T. A., Schwarz K. Spatial heterogeneity in urban ecosystems : Reconceptualizing land cover and a framework for classification // Front. Ecol. Environ. 2007. Vol. 5. P. 80–88.
6. Горбов С. Н., Безуглова О. С. Элементарный состав гуминовых кислот почв урбанизированных территорий (на примере Ростова-на-Дону) // Почвоведение. 2013. № 11. С. 1316–1324.
7. Beyer L., Blume H. P., Elsner D. C., Willnow A. Soil organic matter and microbial activity in urban soils // Sci. Total Environ. 1995. Vol. 168. P. 267–278.
8. Kaye J. P., McCulley R. L., Burke I. C. Carbon fluxes, nitrogen cycling, and soil microbial communities in adjacent urban, native and agricultural ecosystems // Global Change Biology. 2005. Vol. 11. P. 575–587.
9. Прокофьева Т. В., Розанова М. С., Попутников В. О. Некоторые особенности органического вещества почв на территориях парков и прилегающих жилых кварталов Москвы // Почвоведение. 2013. № 3. С. 302–314.
10. Экологические функции городских почв / отв. ред. А. С. Курбатова, В. Н. Башкин. М. ; Смоленск : Маджента, 2003. 232 с.
11. De Kimpe C. R., Morel J. L. Urban soil management : a growing concern // Soil Sci. 2000. Vol. 165. P. 31–40.



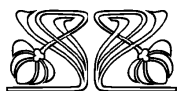
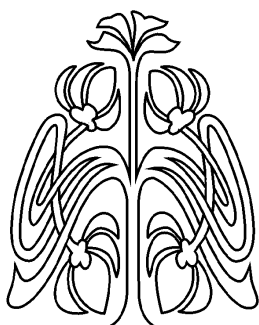
12. Pouyat R., Groffman P., Yesilonis I., Hernandez L. Soil carbon pools and fluxes in urban ecosystems // Environ. Pollut. 2002. Vol. 116. P. 107–118.
13. Jo H. K., McPherson E. G. Carbon storage and flux in urban residential green space // J. Environ. Manag. 1995. Vol. 45. P. 109–133.
14. McDonnell M. J., Pickett S. T.A., Groffman P., Bohlen P. Ecosystem processes along an urban_to_rural gradient // Urban Ecosyst. 1997. Vol. 1. P. 21–36.
15. Collins J. P., Kinzing A., Grimm N. B., Fagan W. F. A new urban ecology // Am. Sci. 2000. Vol. 88. P. 416–425.
16. Водяницкий Ю. Н. Минералы железа в городских почвах // Почвоведение. 2010. № 12. С. 1519–1526.
17. Magiera T., Strzyszcz Z., Rachwal M. Mapping particulate pollution loads using soil magnetometry in urban forests in the Upper Silesia industrial region, Poland // Forest Ecol. Manag. 2007. Vol. 248. P. 36–42.
18. Schilton V. F., Booth C. A., Smith J. P., Giess P., Mitchell D. J., Williams C. D. Magnetic properties of urban street and their relationship with organic matter content in the West Midlands, UK // Atmos. Environ. 2005. Vol. 39. P. 3651–3659.

Образец для цитирования:

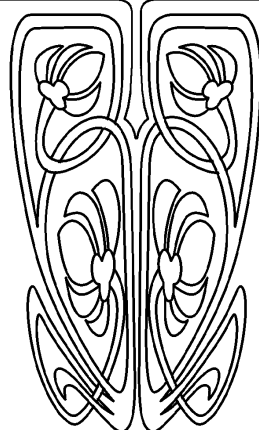
Решетников М. В., Маджид Д. С. М., Шкодин С. Д., Юдин Н. Б. Органическое вещество в почвах города Вольска (Саратовская область) // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 1. С. 63–67. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-63-67>

Cite this article as:

Reshetnikov M. V., Majeed D. S. M., Shkodin S. D., Iudin N. B. Organic Matter in the Soils of the City of Volsk (Saratov Region). *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2019, vol. 19, iss. 1, pp. 63–67 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-63-67>



ПОДПИСКА



Подписка на II полугодие 2019 года

Индекс издания в объединенном каталоге «Пресса России» 36010, раздел 30 «Научно-технические издания. Известия РАН. Известия вузов». Журнал выходит 4 раза в год

Цена свободная

Оформить подписку онлайн можно в Интернет-каталоге «Пресса по подписке» (www.akc.ru)

Адрес редакции:

410012, Саратов, Астраханская, 83
Тел.: +7(845-2) 51-45-49, 52-26-89
Факс: +7(845-2) 27-85-29
E-mail: izvestiya@info.sgu.ru

Адрес редколлегии серии:

410012, Саратов, Астраханская, 83,
СГУ имени Н. Г. Чернышевского,
Географический факультет
Тел.: +7(845-2) 21-07-95
Факс: +7(845-2) 51-54-49
E-mail: farik26@yandex.ru
Website: <http://geo.sgu.ru/>