



Решением Президиума ВАК Министерства образования и науки РФ журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых рекомендуется публикация основных результатов диссертационных исследований на соискание ученой степени доктора и кандидата наук

СОДЕРЖАНИЕ

Научный отдел

География

- Богданов М. Б., Ефремова Т. Ю., Катрущенко А. В.** Оценка характеристик земной климатической системы по ее реакции на изменение солнечной постоянной 3
- Макаров В. З., Чумаченко А. Н., Башкатов А. Н., Гусев В. А., Волков Ю. В., Проказов М. Ю., Фёдоров А. В., Данилов В. А., Затонский В. А.** Саратовское Приволжье: ландшафтная структура и современное геоэкологическое состояние 8
- Морозова С. В., Полянская Е. А.** Особенности циркуляционных процессов в Нижнем Поволжье зимой 14
- Нестерова О. Е., Штырова В. К.** Пространственная и временная организация рельефа и рельефообразующих процессов в окрестностях г. Саратова 17
- Проказов М. Ю.** Трансформация ландшафтной структуры поймы Волги в районе Саратова 20
- Пряхина С. И., Скляров Ю. А., Гужова Е. И., Назаров В. А., Леонтьев Ю. Г.** Влияние агрометеорологических факторов на формирование продуктивности и качества ранних зерновых и озимых культур по станциям Саратовской области 26
- Рыхлов А. Б.** Климато-информационная технология решения ветроэнергетических задач 30
- Макаров В. З., Решетников М. В., Суворцева О. В., Чумаченко А. Н.** Динамика техногенных снегогеохимических аномалий на территории г. Саратова за 1992–2010 годы 33
- Лапина С. Н., Орлова И. А.** Оценка параметров атмосферы и их влияния на полет самолета с использованием ГИС-технологий 39

Геология

- Волкова Е. Н.** Комплексное применение геофизических методов на различных этапах нефтегазопоисковых работ 44
- Коробов А. Д., Коробова Л. А., Колотухин А. Т., Мухин В. М., Елисеева Л. В.** Гидротермальный литогенез и его роль в формировании рифтогенно-осадочного нефтегазоносного комплекса платформ 47
- Первушов Е. М.** Перифронтальные формы позднемиоценовых модульных гексактинеллид (*Porifera*) 56
- Попов Е. В., Ефимов В. М.** Новые находки химер рода *Stoilon* Nesson et Averianov, 1996 (*Holocerphali*, *Chimaeroidei*) в поздней юре и раннем мелу европейской части России 66
- Шелепов Д. А.** Некоторые черты гидротермальных преобразований миндалекаменных базальтов туринской серии Кушмурунского грабена (Тургайский прогиб) 79
- Шешнёв А. С., Иванов А. В.** Антропогенная трансформация геологической среды на урбанизированных территориях как фактор уничтожения памятников природы (на примере «Карьера Заплатиновка») 84
- Музалевская Л. В.** Особенности постседиментационных изменений структур и текстур каменной соли в разрезах галогенных отложений (на примере Прикаспийской впадины) 89

Сведения об авторах

РЕДАКЦИОННАЯ
КОЛЛЕГИЯ

- Главный редактор**
Коссович Леонид Юрьевич
- Заместитель главного редактора**
Усанов Дмитрий Александрович
- Ответственный секретарь**
Клювы Василий Тихонович
- Члены редакционной коллегии**
Аврус Анатолий Ильич
Аксеновская Людмила Николаевна
Аникин Валерий Михайлович
Балаш Ольга Сергеевна
Бучко Ирина Юрьевна
Вениг Сергей Борисович
Волкова Елена Николаевна
Голуб Юрий Григорьевич
Дыльников Геннадий Васильевич
Захаров Андрей Михайлович
Комкова Галина Николаевна
Лебедева Ирина Владимировна
Левин Юрий Иванович
Макаров Владимир Зиновьевич
Монахов Сергей Юрьевич
Орлов Михаил Олегович
Прозоров Валерий Владимирович
Федотова Ольга Васильевна
Федорова Антонина Гавриловна
Черевичко Татьяна Викторовна
Шатилова Алла Валерьевна
Шляхтин Геннадий Викторович

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
СЕРИИ

- Главный редактор**
Макаров Владимир Зиновьевич
- Заместитель главного редактора**
Коробов Александр Дмитриевич
- Ответственный секретарь**
Молочко Анна Вячеславовна
- Члены редакционной коллегии**
Гужиков Андрей Юрьевич
Гусев Виктор Александрович
Демин Александр Михайлович
Иванов Алексей Викторович
Колотухин Анатолий Трофимович
Коробов Александр Дмитриевич
Рихтер Яков Андреевич
Рыскин Михаил Ильич
Скляров Юрий Андреевич
Чумаченко Алексей Николаевич
- Зарегистрировано**
в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций
Свидетельство о регистрации СМИ
ПИ № 77-7185 от 30 января 2001 года



ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ

Журнал принимает к публикации общетеоретические, методические, дискуссионные, критические статьи, результаты исследований по всем научным направлениям.

К статье прилагается сопроводительное письмо, внешняя рецензия и сведения об авторах: фамилии, имена и отчества (полностью), рабочий адрес, контактные телефоны, e-mail.

1. Рукописи объемом не более 1 печ. листа, не более 8 рисунков принимаются в редакцию в бумажном и электронном вариантах в 1 экз.:

а) бумажный вариант должен быть напечатан через один интервал шрифтом 14 пунктов. Рисунки выполняются на отдельных листах. Под рисунком указывается его номер, а внизу страницы – Ф.И.О. автора и название статьи. Подписанные подписи печатаются на отдельном листе и должны быть самодостаточными;

б) электронный вариант в формате Word представляется на дискете 3,5 или пересылается по электронной почте. Рисунки представляются в виде отдельных файлов в формате PCX, TIFF или GIF.

2. Требования к оформлению текста.

Последовательность предоставления материала: индекс УДК; название статьи, инициалы и фамилии авторов, аннотация и ключевые слова (на русском и на английском языках); текст статьи; библиографический список; таблицы; рисунки; подписи к рисункам.

В библиографическом списке нумерация источников должна соответствовать очередности ссылок на них в тексте.

Ведущий редактор

Бучко Ирина Юрьевна

Редактор

Малюткина Елена Анатольевна

Художник

Соколов Дмитрий Валерьевич

Верстка

Степанова Наталия Ивановна

Корректор

Крылова Елена Борисовна

Адрес редакции

410012, Саратов, Астраханская, 83
Издательство Саратовского университета

Тел.: (845-2) 52-26-89, 52-26-85

E-mail: izdat@sgu.ru

Подписано в печать 08.06.2010.

Формат 60x84 1/8.

Усл. печ. л. 11,16 (12).

Тираж 500 экз. Заказ 26.

Отпечатано в типографии

Издательства Саратовского университета

© Саратовский государственный университет, 2012

CONTENTS

Scientific Part

Geography

- Bogdanov M. B., Efremova T. Yu., Katrushchenko A. V.** Estimation of Characteristics of the Earth's Climate System from its Response to Changes in Solar Constant 3
- Makarov V. Z., Chumachenko A. N., Bashkatov A. N., Gusev V. A., Volkov Yu. V., Prokazov M. Yu., Fedorov A. V., Danilov V. A., Zatonskiy V. A.** Saratov Povolzhie: Landscape Structure and Modern Geoecological State 8
- Morozova S. V., Polyanskaya E. A.** Features of the Circulation Processes in the Lower Volga Region in Winter 14
- Nesterova O. E., Shtyrova V. K.** Spatial and Temporal Organization of Relief and of a Relief Forming Processes Around the City of Saratov 17
- Prokazov M. Yu.** Landscape Structure Transformation of Volga flood Plain at Saratov Area 20
- Pryakhina S. I., Skliarov Yu. A., Gugova E. I., Nazarov V. A., Leontev Yu. G.** Impact Agrometeorological Factors on the Formation of Productivity and Quality Early Grain and Winter Crops for Stations on the Saratov Region 26
- Rykhlov A. B.** Climatic-Information Technology of Wind-Energetic Tasks Solving 30
- Makarov V. Z., Reshetnikov M. V., Surovtseva O. V., Chumachenko A. N.** Dynamic of Snow-Geochemical Anomalies in the Saratov City Territory (over a Period of 1992–2010) 33
- Lapina S. N., Orlova I. A.** Estimation of Atmospheric Parameters and their Effects on Aircraft Flight using GIS-Technology 39

Geology

- Volkova E. N.** Complex Application of Geophysical Methods at Various Stages Oil and Gas Search Works 44
- Korobov A. D., Korobova L. A., Kolotuhin A. T., Muhin V. M., Eliseeva L. V.** Hydrothermal Lithogenesis and Its Role in Riftogenic-Sedimentary Oil and Gas-Bearing Platform Complex Formation 47
- Pervushov E. M.** Perifrontal Forms of the Late Cretaceous Modular Hexactinellids (Porifera) 56
- Popov E. V., Efimov V. M.** New Records of the Chimaeroid Genus *Stoilodon* Nessov & Averianov, 1996 (Holocephali, Chimaeroidei) Remains from the Late Jurassic and Early Cretaceous of European Russia 66
- Shelepov D. A.** Some Features of Hydrothermal Transition Amygdaloidal Basalts Turin Series Kushmurunskogo Graben (Turgay Trough) 79
- Sheshnev A. S., Ivanov A. V.** Anthropogenous Transformation of the Geological Environment in Urbanized Areas as a Factor in the Destruction of Natural Monuments (for Example «Open-cast Zaplatinovka») 84
- Muzalevskaya L. V.** Features Postsedimentation Structural and Textural Changes in Rock Salt Deposits in Sections of Halide (with the Example of Prikaspiian deep) 89

Information about the Authors

92



ГЕОГРАФИЯ

УДК 551.58

ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕМНОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПО ЕЕ РЕАКЦИИ НА ИЗМЕНЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ПОСТОЯННОЙ

М. Б. Богданов, Т. Ю. Ефремова, А. В. Катрущенко

Саратовский государственный университет
E-mail: BogdanovMB@info.sgu.ru

В результате восстановления импульсной передаточной характеристики земной климатической системы (ЗКС) показано, что скорость ее реакции может быть охарактеризована эквивалентной постоянной времени $1,04 \pm 0,17$ месяце. Чувствительность ЗКС к изменению радиационного воздействия оказывается равной $0,41 \pm 0,05 \text{ K} \cdot \text{Вт}^{-1} \cdot \text{м}^2$, что дает коэффициент положительной обратной связи $1,37 \pm 0,17$. Эффективная теплоемкость ЗКС на единицу площади, проявляющая себя при радиационном воздействии длительностью порядка постоянной времени, равна $6,7 \pm 1,9 \text{ МДж} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$ и составляет около 0,64 теплоемкости атмосферы. Это говорит о том, что реакция ЗКС на изменение радиационного воздействия на таких интервалах времени обусловлена атмосферными процессами.

Ключевые слова: земная климатическая система, импульсная передаточная характеристика, постоянная времени, чувствительность, теплоемкость.

Estimation of Characteristics of the Earth's Climate System from its Response to Changes in Solar Constant

M. B. Bogdanov, T. Yu. Efremova, A. V. Katrushchenko

Restoration of the impulse response of the Earth's climate system (ECS) showed that the rate of its reaction can be characterized by an equivalent time constant of 1.04 ± 0.17 months. Sensitivity of ECS to changes in radiative forcing is equal to $0.41 \pm 0.05 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1} \text{m}^2$, which gives the positive feedback factor 1.37 ± 0.17 . Effective heat capacity of ECS per unit area, which manifests itself in the radiative forcing duration of the order time constant, equal to $6.7 \pm 1.9 \text{ MJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ and is about 0.64 the heat capacity of the atmosphere. This suggests that the reaction of ECS on the change in radiative forcing at similar time intervals due to the atmospheric processes.

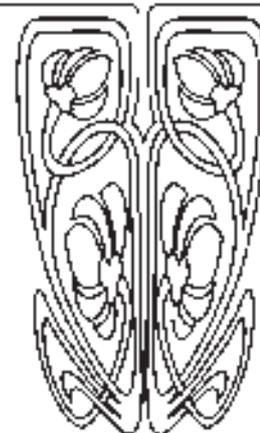
Key words: earth's climate system, impulse response, time constant, sensitivity, heat capacity.

Введение

Исследование свойств земной климатической системы (ЗКС) в последнее время привлекает к себе большое внимание в связи с изучением проблемы глобального изменения климата [1]. Многими авторами предпринимались попытки оценки характерного времени реакции ЗКС на внешнее радиационное воздействие и ее чувствительности к этому воздействию. Для решения этой задачи анализировалась автокорреляционная функция выходного сигнала ЗКС – аномалий глобально усредненных среднемесячных значений приповерхностной температуры Земли $\Delta T(t)$ [2–4], использовались модели множественной регрессии, в которых наряду с сигналом на входе ЗКС – изменением солнечной постоянной $\Delta I(t)$, а также учитывались влияние аэрозоля, связанного с вулканическими извержениями, и изменения температуры океана в регионе действия явления Эль-Ниньо [5, 6]. Скорость реакции ЗКС может быть охарактеризована постоянной времени τ , а изменение глобальной температуры – чувствительностью к радиационному воздействию на верхней границе атмосферы (ВГА) λ . Знание величин τ и λ позволяет, при определенных предположениях, оценить эффектив-



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





ную теплоемкость той части глобальной системы «суша–океан–атмосфера», которая ответственна за реакцию на изменение радиационного воздействия с характерным временем τ [2].

Нами была предложена методика восстановления импульсной передаточной характеристики $h(t)$ ЗКС, рассматриваемой как инвариантная во времени линейная система, и получены оценки $h(t)$ на интервалах времени длиной до 100 мес. [7]. Знание $h(t)$ полностью характеризует линейную систему и, в частности позволяет найти значения ее параметров τ и λ . Целью данной работы является оценка эффективной теплоемкости ЗКС и коэффициента обратной связи, влияющего на величину чувствительности системы.

Уравнение баланса лучистой энергии и его следствия

Условие баланса лучистой энергии, которое при глобальном усреднении выполняется с высокой точностью, предполагает равенство энергии солнечного излучения, поглощенной единицей поверхности Земли в единицу времени J , энергии длинноволновой радиации E , излученной этой площадкой за то же время. Обозначим через R расстояние от центра Земли до ВГА. Учитывая, что при вращении планеты солнечное излучение, поглощенное площадью πR^2 , перераспределяется на всю площадь ВГА $4\pi R^2$, и обозначив через β среднее значение альbedo Земли, получим для среднего расстояния нашей планеты от Солнца $J = I(1-\beta)/4$, где I – солнечная постоянная. В свою очередь, предполагая, что поверхность с температурой T излучает как абсолютно черное тело с поправкой на излучательную способность δ , имеем $E = \delta\sigma T^4$, где σ – постоянная Стефана–Больцмана.

Очевидно, что нарушение баланса лучистой энергии – отличие от нуля разности $J - E$ – будет вызывать изменение количества теплоты Q в ЗКС, рассчитанное на единицу площади: $J - E = dQ/dt$. Учитывая связь изменения Q с изменением температуры $dQ/dt = C dT/dt$, где C – средняя теплоемкость ЗКС на единицу площади, запишем уравнение баланса в виде

$$C \frac{dT}{dt} = \frac{I(1-\beta)}{4} - \delta\sigma T^4. \quad (1)$$

Как следует из уравнения (1), нарушение баланса энергии вызывает изменение глобальной температуры, знак которого определяется знаком баланса, а скорость зависит от величины теплоемкости.

При нулевом балансе лучистой энергии дифференцирование его условия дает $dJ = 4\delta\sigma T^3 dT$. Отсюда, учитывая равенство $J = \delta\sigma T^4$, можно получить выражение для чувствительности ЗКС к радиационному воздействию на ВГА

$$\lambda_0 = \frac{dT}{dI} = \frac{T}{(1-\beta)I}. \quad (2)$$

Дифференциальное уравнение (1) описывает линейную систему первого порядка, имеющую постоянную времени

$$\tau_0 = C\lambda_0. \quad (3)$$

Приняв для солнечной постоянной значение $I = 1366 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$, альbedo $\beta = 0.30$ и температуру поверхности $T = 288 \text{ К}$, из выражения (2) можно найти величину чувствительности $\lambda_0 = 0.30 \text{ К}\cdot\text{Вт}^{-1}\cdot\text{м}^2$. Однако результаты исследований дают, как правило, заметно большее значение этой характеристики. Так, по данным IPCC 2007 [1], чувствительность может быть оценена как $0.8 \pm 0.4 \text{ К}\cdot\text{Вт}^{-1}\cdot\text{м}^2$. Такое увеличение чувствительности ЗКС обычно объясняется наличием положительной обратной связи. Из уравнения (1) видно, что подобная обратная связь может заключаться в уменьшении излучательной способности δ и (или) уменьшении альbedo β с ростом температуры. Изменения δ и β такого характера находят естественное объяснение [8]. В первом приближении наличие обратной связи можно учесть, введя ее коэффициент f . Тогда эффективное значение чувствительности оказывается равным

$$\lambda = f\lambda_0. \quad (4)$$

При этом сохранение теплоемкости ЗКС в формуле (3) требует соответствующего изменения постоянной времени $\tau = f\tau_0$. Согласно данным работы [2], коэффициент обратной связи описывается выражением

$$f = \left(1 - \frac{1}{4} \frac{d \ln(1-\beta)}{d \ln T} + \frac{1}{4} \frac{d \ln \delta}{d \ln T} \right)^{-1}.$$

Таким образом, оценка по результатам наблюдений параметров ЗКС τ и λ позволяет определить величину ее эффективной теплоемкости C и коэффициент обратной связи f .

Методика восстановления импульсной передаточной характеристики

Рассмотрим ЗКС как инвариантную во времени линейную систему, входом которой является изменение солнечной постоянной ΔI , а выходом – аномалии глобальной приповерхностной температуры ΔT . При этом суммарное воздействие всех других факторов, оказывающих влияние на глобальную температуру (флуктуации облачности, изменение концентрации аэрозоля и т. п.), рассматривается как случайный шум. Сигналы на входе $\Delta I(t)$ и выходе $\Delta T(t)$ такой системы связаны интегральным уравнением типа свертки

$$\Delta T(t) = \int_0^{\infty} h(\xi) \Delta I(t - \xi) d\xi, \quad (5)$$



где $h(t)$ – импульсная передаточная характеристика системы. При известных сигналах на входе и выходе системы нахождение $h(t)$ сводится к решению некорректно поставленной обратной задачи для интегрального уравнения (5). Необходимым условием решения подобных задач является использование априорной информации о функции $h(t)$ [9].

Для устойчивых систем модуль $h(t)$ быстро убывает с ростом t . Будем считать, что эта функция отлична от нуля на интервале $[0, a]$, соответственно заменим бесконечный верхний предел интеграла (5) конечной величиной a . Если левая часть уравнения (5) задана на интервале $[c, d]$, то функция $\Delta I(t)$ должна быть известна на интервале времени $[c - a, d]$. Для системы первого порядка импульсная передаточная характеристика при $t \geq 0$

$$h(t) = \frac{k}{\tau} \exp\left[-\frac{t}{\tau}\right],$$

где τ – постоянная времени, а k – коэффициент усиления системы. Она представляет собой выпуклую вниз монотонно невозрастающую неотрицательную функцию. В случае если ЗКС состоит из двух или более параллельно включенных независимых систем первого порядка с разными значениями τ , результирующая характеристика $h(t)$ будет суммой спадающих экспонент, которая также является выпуклой вниз монотонно невозрастающей неотрицательной функцией. Множество функций подобного вида представляет собой компакт [10]. Как известно, обратная задача для интегрального уравнения (5) на компактном множестве функций является корректной [10] и ее приближенное решение $h_m(t)$ может быть получено минимизацией функционала невязки

$$\rho[h, \Delta T, \Delta I] = \int_c^d \left\{ \Delta T(t) - \int_0^a h(\xi) \Delta I(t - \xi) d\xi \right\}^2 dt. \quad (6)$$

При стремлении к нулю погрешностей задания входного и выходного сигналов системы функция $h_m(t)$ сходится к точному решению задачи $h(t)$ на всем интервале определения за исключением точек разрыва [10]. Следует отметить, что сходимость гарантируется при любом характере возмущения левой части уравнения (5). Оно вовсе не обязательно должно быть чисто случайным. Поэтому наличие циклических глобальных процессов, подобных явлению Эль-Ниньо, не может повлиять на результат восстановления. Знание величин погрешностей задания $\Delta T(t)$ и $\Delta I(t)$ также не является необходимым, поскольку решение определяется по минимуму невязки. Доказанная сходимость гарантирует устойчивость получаемого решения.

Таким образом, находя экстремаль функционала (6) на множестве выпуклых вниз неотрицательных функций, отвечающем физике нашей задачи, мы получаем устойчивую оценку импульс-

ной передаточной характеристики. При этом ЗКС может быть линейной системой первого порядка или совокупностью таких независимых подсистем с разными постоянными времени. Алгоритмы численной реализации процедуры минимизации и описания соответствующих компьютерных программ приведены в монографиях [10,11].

Полученные результаты

Для восстановления $h(t)$ мы использовали композитный ряд среднемесячных значений солнечной постоянной PMOD TSI [12] с января 1976 г. по май 2009 г. Полное число отсчетов составляет $N = 401$. Входной сигнал ЗКС $\Delta I(t)$ получался вычитанием из данного ряда среднего значения 1365.9175 Вт·м⁻². В качестве выходного сигнала ЗКС был взят ряд аномалий глобально усредненных среднемесячных значений приповерхностной температуры $\Delta T(t)$ (суша + океан) ERSSTv3b [13] за тот же интервал времени, из которого были вычтены линейный тренд и сезонные гармоники изменения температуры. Подробное описание исходных рядов и методики численного решения задачи приведено в работе [7].

Мы провели восстановление $h(t)$ на интервалах разной длины с максимальным значением $a = 100$ мес. В каждом случае был достигнут точный минимум функционала (6). Полученные результаты оказались достаточно неожиданными: во всех случаях ненулевыми были только несколько первых отсчетов передаточной характеристики. Функция $h_m(t)$ быстро убывает с ростом аргумента, и значение эквивалентной постоянной времени τ , за которое можно приближенно принять момент t , когда $h_m(t)$ уменьшается в $e = 2.718$ раз от максимума, составляет около одного месяца. Оценка погрешности находилась путем сравнения между собой решений, полученных для интервалов $[0, a]$ разной длины. Такая процедура, проведенная для десяти решений с верхней границей интервала a изменяющейся от 10 до 100 мес., позволила найти среднюю величину эквивалентной постоянной времени $\tau = 1.04 \pm 0.17$ мес.

Как уже отмечалось выше, равномерная сходимость $h(t)$ к точному решению задачи доказана для любого характера возмущений аномалий температуры. Тем не менее естественно ожидать, что погрешность оценки $h(t)$ будет меньше в случае нулевого среднего и симметричного распределения погрешностей исходных данных. Среднее значение остаточных отклонений оказалось равным 0.00 К, а стандартное отклонение – 0.11 К. Мы провели проверку гипотезы о нормальности распределения остаточных отклонений аномалий температуры, соответствующих восстановленной импульсной передаточной характеристике, с использованием критерия Колмогорова–Смирнова. Найденное значение параметра Колмогорова оказалось равным 0.95, в то время как критическое значение для уровня значимости $\alpha = 0.10$



равно 1.22. Таким образом, гипотеза о нормальности распределения не может быть отвергнута, и исходное предположение о случайном характере суммарного воздействия факторов, влияющих на глобальную температуру, представляется достаточно обоснованным.

Знание импульсной передаточной характеристики ЗКС позволяет оценить величину коэффициента усиления k , связывающего установившееся изменение на выходе системы ΔT с заданным изменением входного сигнала ΔI

$$\Delta T = k \Delta I.$$

Эта величина определяется интегралом

$$k = \int_0^{\infty} h_m(t) dt,$$

и по результатам наших расчетов численное интегрирование решений методом трапеций дает среднее значение $k = 0.071 \pm 0.009 \text{ К} \cdot \text{Вт}^{-1} \cdot \text{м}^2$. В свою очередь, знание k позволяет найти значение чувствительности ЗКС к изменению радиационного воздействия на ВГА

$$\lambda = \frac{4k}{1 - \beta},$$

где β – среднее значение альбедо Земли. Принимая $\beta = 0.30$, получим среднюю величину чувствительности $\lambda = 0.41 \pm 0.05 \text{ К} \cdot \text{Вт}^{-1} \cdot \text{м}^2$. Применение формулы (4) для найденного нами значения λ дает коэффициент обратной связи ЗКС $f = 1.37 \pm 0.17$, что существенно меньше величины $f = 2.7 \pm 1.3$, используемой IPCC 2007 [1].

Найденные нами величины τ и λ , связанные соотношением (3), позволяют оценить эффективную теплоемкость ЗКС на единицу площади S , проявляющую себя при радиационном воздействии с характерным временем τ . Приняв среднюю продолжительность месяца 30.5 сут, получим $S = 6.7 \pm 1.9 \text{ МДж} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{м}^2$. Согласно Монину [14], полная теплоемкость земной атмосферы составляет $5.32 \times 10^{15} \text{ МДж} \cdot \text{К}^{-1}$. Разделив эту величину на площадь поверхности Земли, найдем $S_{\text{атм}} = 10.4 \text{ МДж} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{м}^2$. Таким образом, эффективная теплоемкость ЗКС оказывается равной $S = 0.64 S_{\text{атм}}$. Это говорит о том, что реакция ЗКС на изменение солнечной постоянной на рассматриваемом интервале времени может быть объяснена атмосферными процессами, которые даже не охватывают всю массу атмосферы.

Сравнение результатов с данными независимых исследований

Представляет интерес сравнение полученных результатов с данными независимых исследований. Schwartz [2] предложил метод оценки постоянной времени τ ЗКС, основанный на анализе ее выход-

ного сигнала – аномалий глобально усредненных среднемесячных значений приповерхностной температуры $\Delta T(t)$ с 1880 по 2004 г. Рассмотренное им уравнение энергетического баланса Земли (1) предполагает для ЗКС модель авторегрессии первого порядка, и при наличии на входе системы белого шума автокорреляционная функция значений $\Delta T(t)$ должна иметь вид спадающей экспоненты, скорость уменьшения которой определяется величиной τ . Анализ автокорреляции дал оценку $\tau = 5 \pm 1$ год, что соответствует значению чувствительности ЗКС $\lambda = 0.30 \pm 0.14 \text{ К} \cdot \text{Вт}^{-1} \cdot \text{м}^2$ [2].

Эти результаты были подвергнуты критике в работах ряда авторов, ссылки на которые приведены в статье [4]. Основным замечанием было указание на то, что для сравнительно коротких временных рядов данный метод дает сильно смещенную оценку τ и то, что реакция ЗКС не может быть охарактеризована только одной постоянной времени. В частности, Scafetta [3] показал, что автокорреляция значений $\Delta T(t)$ лучше представляется суммой двух спадающих экспонент с постоянными времени 0.4 ± 0.1 и 8.7 ± 2.0 года. Отчасти учтя эти замечания, Schwartz [4] получил новые значения $\tau = 8.5 \pm 2.5$ года и $\lambda = 0.51 \pm 0.26 \text{ К} \cdot \text{Вт}^{-1} \cdot \text{м}^2$. Он также согласился с возможной неполнотой описания ЗКС одной линейной системой первого порядка и привел пример электрической схемы, моделирующей поведение ЗКС. Схема включает две слабо связанные RC-цепочки с постоянными времени τ_1 и τ_2 , причем $\tau_1 \ll \tau_2$. Скорость реакции такой системы на внешнее воздействие определяется малой величиной τ_1 , а время установления – τ_2 . В случае ЗКС величина эквивалентная второй постоянной времени τ_2 может достигать 3000 лет [4], что связано с большой тепловой инерцией глубинных вод океана.

Анализ автокорреляции выходного сигнала ЗКС основан на предположении наличия на ее входе белого шума, что довольно далеко от действительности. В частности, в изменении солнечной постоянной четко прослеживается 11-летний цикл [12]. Можно показать, что данному методу оценки постоянной времени ЗКС присущ еще один принципиальный недостаток. Метод неявно предполагает отсутствие шума в исходных данных $\Delta T(t)$. Очевидно, что до начала спутниковых измерений глобальной температуры погрешность оценок $\Delta T(t)$ была достаточно велика, особенно для использованных в работах [2–4] данных XIX века. Предполагая, что связанный с этой погрешностью случайный шум является аддитивным и имеет достаточно широкую полосу частот, можно ожидать появления значительного шумового пика автокорреляционной функции с максимумом при нулевом значении запаздывания. Такой пик хорошо заметен на соответствующих графиках в работах [2–4], его наличие не позволяет надежно оценивать значения τ менее одного года.

В работе [5] для описания среднемесячных значений аномалий глобальной температуры $\Delta T(t)$



с 1979 по 2004 г. использовалась модель множественной регрессии, в которой наряду с $\Delta I(t)$ (ряд PMOD TSI) учитывались влияние аэрозоля, связанного с вулканическими извержениями, и изменения температуры океана в регионе действия явления Эль-Ниньо. Полученные величины оказались равными $k = 0.10 \pm 0.02 \text{ К} \cdot \text{Вт}^{-1} \cdot \text{м}^2$ и $\lambda = 0.63 \pm 0.13 \text{ К} \cdot \text{Вт}^{-1} \cdot \text{м}^2$. Для постоянной времени ЗКС авторы работы [5] приняли значение $\tau = 3$ мес. При этом они ссылались на результаты своих предыдущих исследований времени релаксации для широтных зон Земли шириной 30° , давших для разных зон значения τ от 1 до 2 мес.

В модели множественной регрессии для значений $\Delta T(t)$, использованной Lockwood [6], рассматривались те же три фактора, влияющие на ЗКС, что и в работе [5], но было дополнительно введено три свободных параметра – постоянные времени для каждого фактора. Оптимальное значение коэффициента k для композитного ряда измерений солнечной постоянной PMOD TSI оказалось равным $0.0507 \text{ К} \cdot \text{Вт}^{-1} \cdot \text{м}^2$, а для ряда ACRIM TSI – $0.0533 \text{ К} \cdot \text{Вт}^{-1} \cdot \text{м}^2$. Значения постоянных времени τ для этих рядов равны соответственно 0.80 и 0.75 года. Оценки коэффициента k дают среднюю величину чувствительности $\lambda = 0.30 \text{ К} \cdot \text{Вт}^{-1} \cdot \text{м}^2$. Необходимо отметить, что использованная в работе [6] методика не позволяет оценить погрешности параметров модели.

К недостаткам методики применения модели множественной регрессии можно отнести неоднозначность выбора переменных. Наряду с

рассмотренными факторами для ЗКС характерно наличие и ряда других циклических изменений (североатлантическое колебание, квазидвухлетний цикл и т. п.). Кроме того, очевидно, что изменения солнечной постоянной и температуры океана в регионе действия явления Эль-Ниньо не являются независимыми переменными.

Результаты независимых оценок характеристик ЗКС приведены в таблице, в последнем столбце которой даны рассчитанные по формуле (3) значения эффективной теплоемкости, проявляющей себя при радиационных воздействиях с характерным временем τ . Из анализа этой таблицы можно сделать вывод, что разные авторы и методики дают сравнительно близкие значения чувствительности λ , которые согласуются между собой в пределах оцененных погрешностей. Однако оценки времени реакции ЗКС различаются на два порядка. По-видимому, эти различия обусловлены указанными выше методическими погрешностями. Недостатком нашего подхода является сравнительно небольшая длина интервала, на котором проводится поиск решения. Однако она вполне достаточна для анализа характеристики линейной системы с постоянной времени около одного года. Тем не менее наши оценки $h(t)$ не подтверждают значения τ , полученные Lockwood [6], и лучше согласуются с данными работы [5]. Оценки теплоемкости по данным всех других авторов превышают $C_{\text{атм}}$, что предполагает участие в процессе реакции на радиационное воздействие и других компонентов ЗКС, в частности верхних слоев океана.

Характеристики земной климатической системы, полученные разными авторами

Авторы	Постоянная времени τ	Чувствительность λ , $\text{К} \cdot \text{Вт}^{-1} \cdot \text{м}^2$	Теплоемкость C , $\text{МДж} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$
Schwartz [2]	5 ± 1 г.	0.30 ± 0.14	530 ± 350
Scafetta [3]	0.4 ± 0.1 г. и 8.7 ± 2.0 г.	0.5	25.2 ± 6.3 550 ± 130
Schwartz [4]	8.5 ± 2.5 г.	0.51 ± 0.26	530 ± 420
Douglass et al. [5]	3 мес.	0.63 ± 0.13	12.5 ± 2.6
Lockwood [6]	0.78 г.	0.30	82.1
Наша оценка	1.04 ± 0.17 мес.	0.41 ± 0.05	6.7 ± 1.9

Заключения

Использованная нами методика восстановления импульсной передаточной характеристики ЗКС на компактном множестве выпуклых вниз неотрицательных функций не налагает жестких модельных ограничений на вид $h(t)$. При этом ЗКС может быть линейной системой первого порядка или совокупностью таких независимых подсистем с разными постоянными времени.

Результаты восстановления $h(t)$ на интервалах времени длиной до 100 мес. дают величину эквивалентной постоянной времени $\tau = 1.04 \pm 0.17$ мес. и чувствительность $\lambda = 0.41 \pm 0.05 \text{ К} \cdot \text{Вт}^{-1} \cdot \text{м}^2$. Отметим еще раз, что данное значение τ определяет скорость реакции ЗКС на внешнее радиационное воздействие. О времени установления системы,

которое должно существенно превышать длину анализируемых рядов, мы ничего не можем сказать. Соответственно полученное значение чувствительности справедливо для воздействий продолжительностью до нескольких месяцев. При этом коэффициент положительной обратной связи равен 1.37 ± 0.17 , а эффективная теплоемкость ЗКС на единицу площади равна $6.7 \pm 1.9 \text{ МДж} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$ и составляет около 0.64 теплоемкости атмосферы. Поэтому можно сделать вывод, что реакция ЗКС на изменение радиационного воздействия на таком интервале времени обусловлена атмосферными процессами, которые даже не охватывают всю массу атмосферы.

Поскольку $h(t)$ является неотрицательной функцией, то увеличение интервала ее интегрирования может приводить только к увеличению k



и соответственно к росту чувствительности λ . Поэтому полученную нами оценку λ следует рассматривать как нижний предел истинного значения.

Представляет интерес применение данной методики к реконструированным рядам данных изменений солнечной постоянной и глобальной температуры. Это даст возможность получить информацию об импульсной передаточной характеристике, чувствительности и эффективной теплоемкости ЗКС на больших интервалах времени.

Библиографический список

1. Climate Change 2007 : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / eds. S. Solomon et al. Cambridge, 2007. 996 p.
2. Schwartz S. E. Heat capacity, time constant, and sensitivity of Earth's climate system // J. Geophys. Res. 2007. Vol. 112. D24S05, doi:10.1029/2007JD008746.
3. Scafetta N. Comment on «Heat capacity, time constant, and sensitivity of Earth's climate system» by S. E. Schwartz // J. Geophys. Res. 2008. Vol. 113. D15104, doi:10.1029/2007JD009586.
4. Schwartz S. E. Reply to comments / by G. Foster et al., R. Knutti et al., and N. Scafetta on «Heat capacity, time constant, and sensitivity of Earth's climate system» // J. Geophys. Res. 2008. Vol. 113. D15105, doi:10.1029/2008JD009872.
5. Douglass D. H., Clader B. D., Knox R. S. Climate sensitivity of Earth to solar irradiance: update // Paper presented at 2004 solar radiation and climate (SORCE) meeting on decade variability in the Sun and the climate, Meredith, New Hampshire, 27–29 October 2004. P. 1–16. URL: <http://arxiv.org/abs/physics/0411002> (дата обращения: 18.05.2011).
6. Lockwood M. Recent changes in solar outputs and the global mean surface temperature. III. Analysis of contributions to global mean air surface temperature rise // Proc. Royal Soc. A. 2008. Vol. 464. P. 1387–1404.
7. Богданов М. Б., Ефремова Т. Ю., Катрущенко А. В. Исследование реакции земной климатической системы на изменение солнечной постоянной // Погода и климат: новые методы и технологии исследований (к 50-летию организации кафедры метеорологии и охраны атмосферы в Пермском государственном университете). Пермь, 2010. С. 49–52.
8. Кислов А. В. Климат в прошлом, настоящем и будущем. М., 2001. 351 с.
9. Тихонов А. Н., Арсенин В. Я. Методы решения некорректных задач. М.; 1979. 142 с.
10. Тихонов А. Н., Гончарский А. В., Степанов В. В., Ягола А. Г. Регуляризирующие алгоритмы и априорная информация. М., 1983. 200 с.
11. Гончарский А. В., Черепашук А. М., Ягола А. Г. Некорректные задачи астрофизики. М., 1985. 352 с.
12. Fröhlich C. Solar irradiance variability since 1978: revision of the PMOD composite during solar cycle 21 // Space Science Rev. 2006. Vol. 125. P. 53–65.
13. Smith T. M., Reynolds R. W., Peterson T. C., Lawrimore J. Improvements to NOAA's historical merged land-ocean surface temperature analysis (1880–2006) // J. Climate. 2008. Vol. 21. P. 2283–2296.
14. Монин А. С. Введение в теорию климата. Л., 1982. 246 с.

УДК [502/504:911.5](470.44)

САРАТОВСКОЕ ПРИВОЛЖЬЕ: ЛАНДШАФТНАЯ СТРУКТУРА И СОВРЕМЕННОЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ

В. З. Макаров, А. Н. Чумаченко, А. Н. Башкатов, В. А. Гусев, Ю. В. Волков, М. Ю. Проказов, А. В. Фёдоров, В. А. Данилов, В. А. Затонский



Саратовский государственный университет
E-mail: makarovvz@rambler.ru

Saratov Privolzhie: Landscape Structure and Modern Geoeological State

В статье дается определение понятию «Саратовское Приволжье» как геотории шириной в 60 км, включающей правую и левобережные приволжские территории и акваторию Волгоградского и Саратовского водохранилищ. Это наиболее хозяйственно освоенная и вместе с тем рекреационно ценная часть Саратовской области. Рассмотрена ландшафтная структура саратовского правобережного Приволжья (Предволжья) на уровне типов ландшафтных местностей. Выявлены наиболее характерные ландшафтные процессы и дана качественная оценка геоэкологической обстановки в каждом из четырёх типов местности.

Ключевые слова: саратовское Приволжье, ландшафтная структура саратовского Предволжья, процессы ландшафтогенеза, геоэкологическая оценка природных и природно-антропогенных процессов.

V. Z. Makarov, A. N. Chumachenko, A. N. Bashkatov, V. A. Gusev, Yu. V. Volkov, M. Yu. Prokazov, A. V. Fedorov, V. A. Danilov, V. A. Zatonkiy

The article represents concept definition of «Saratov Privolzhie» as a geotopia 60 km wide and including right and left Volga bank territories and Volgograd and Saratov storage ponds water area. This is the most economic completed but also recreation important part of Saratov region. Landscape structure of Saratov right bank of Privolzhie (Predvolzhie) is considered up to the level of landscape locality. The most typical landscape processes and qualitative assessment of geoeological conditions in each of all four landscape localities are detected.

Key words: Saratov Privolzhie, landscape structure of Saratov Povolzhie, landscape genesis processes, geoeological estimation of natural an natural-anthropogenic processes.



Постановка проблемы

В Саратовской области наиболее освоенными, ландшафтно-разнообразными, рекреационно-привлекательными были и остаются земли, прилегающие к Волге. Прибрежная территория и сама Волга – это главная ландшафтная, хозяйственная и расселенческая ось Саратовской области, исторический меридиональный коридор Европейской России, главный символ и «вдохновляющий» природный ресурс нашего региона. Полосу суши вдоль волжских берегов и акваторию водохранилищ называют *саратовским Приволжьем*. Определим его границы.

Северная и южная границы Приволжья совпадают с административными границами Саратовской области. *Восточную границу* саратовского Приволжья на левом берегу проведем по границе левобережных волжских террас в местах их сочленения со склонами Низкой Сыртовой равнины. На западе, к правобережному Приволжью, или *Предволжью*, отнесем земли, прилегающие к Волге на расстоянии примерно в 15–20 км. Это фрагменты древних волжских террас, а также нижняя, средняя и иногда верхняя поверхности выравнивания Приволжской возвышенности. Таким образом, ширина Приволжья может составлять на левом берегу реки 30–40 км, а на правом берегу, местами, – до 15–20 км. В целом полоса саратовского Приволжья вместе с акваториями Саратовского и Волгоградского водохранилищ достигает в среднем 50–60 км. Именно в данной зоне, как уже подчёркивалось, исторически возник и продолжает развиваться более четырех веков основной демографический, хозяйственный, градостроительный, культурный и рекреационный потенциал Саратовской области. Здесь размещены практически все крупные и крупнейшие города области и областной центр Саратов.

Саратовское Приволжье занимает чуть более 19% территории Саратовской области, однако проживает здесь 65% её населения, сосредоточено почти 87% промышленного производства, которое в основном размещено в двух промышленных зонах и агломерациях: Энгельско-Саратовской и Вольско-Балаковской. Эти две городские агломерации ныне сконцентрировали подавляющее число предприятий машиностроения, энергетики, транспорта, ЖКХ, торговли. К сожалению, они образуют в нашем регионе обширное техногенное геохимическое поле, основной очаг загрязнения воды, воздуха и почвогрунтов в Саратовской области. Города, лежащие на берегах Волги, напрямую влияют на экологическое состояние волжских водохранилищ. Кроме местного «саратовского» загрязнения, Волга, превращенная более полвека назад в систему сообщающихся резервуаров-водохранилищ и во многом потерявшая свойства естественной речной системы, испытывает кумулятивное воздействие загрязнителей, расположенных выше по течению, за пределами северной границы

саратовского Приволжья. Поэтому Приволжье в целом и саратовское Приволжье в частности выделяются комплексом чрезвычайно острых, иногда уникальных для региона проблем в разных сферах природопользования и природоохранения. Это проблемы и самой Волги: качество воды и условия водоснабжения населения, сохранение и развитие рекреационного потенциала, предотвращение разрушения берегов, сохранение рыбного хозяйства – и проблемы прибрежной зоны: экологически сбалансированное развитие городов, создание современной инженерной инфраструктуры, сохранение лесов, сбережение поверхностных и подземных вод, почвосбережение, рациональное землеустройство, развитие системы охраняемых территорий и т. д. Для их решения кроме разработки и реализации комплекса мероприятий технологического, социально-экономического, управленческого характера, о чём неоднократно подчёркивалось в разных программах, например в межрегиональной программе «Большая Волга», необходим и более общий географический, комплексный регионально-планировочный подход. Он состоит в учёте ландшафтной и геоэкологической специфики саратовского Приволжья, районировании территории по комплексу природных, геодемографических и экономико-географических признаков, сопряженном анализе особенностей природы, населения и хозяйства отдельных его районов, выявлении характерных проблем по каждому территориальному выделу, определении природно-ресурсного потенциала и порога устойчивости каждого типа приволжских геосистем к техногенному воздействию. Важным инструментом территориального анализа выступает *ландшафтное планирование*, включающее создание планов (схем) комплексной охраны природы и рационального природопользования, организацию мониторинга геоэкологической ситуации на городских и сельских территориях и акватории волжских водохранилищ.

В данном сообщении речь пойдет о правобережном саратовском Приволжье (Предволжье), точнее, трех её участках в Хвалынском, Воскресенском и Красноармейском районах. Именно на этих модельных территориях авторы статьи летом 2011 г. провели полевые исследования с целью изучения геоэкологического состояния и оценки рекреационной привлекательности приволжских ландшафтов (рис. 1).

Во время полевых работ и при дешифрировании космоснимков участниками экспедиции был обнаружен ряд специфических ландшафтных процессов, позволяющих сделать некоторые выводы о характере и направленности современного ландшафтогенеза в саратовском Предволжье и факторах, его обуславливающих.

Прежде чем перейти к анализу геоэкологических проблем, кратко коснёмся общих физико-географических особенностей рассматриваемой территории.

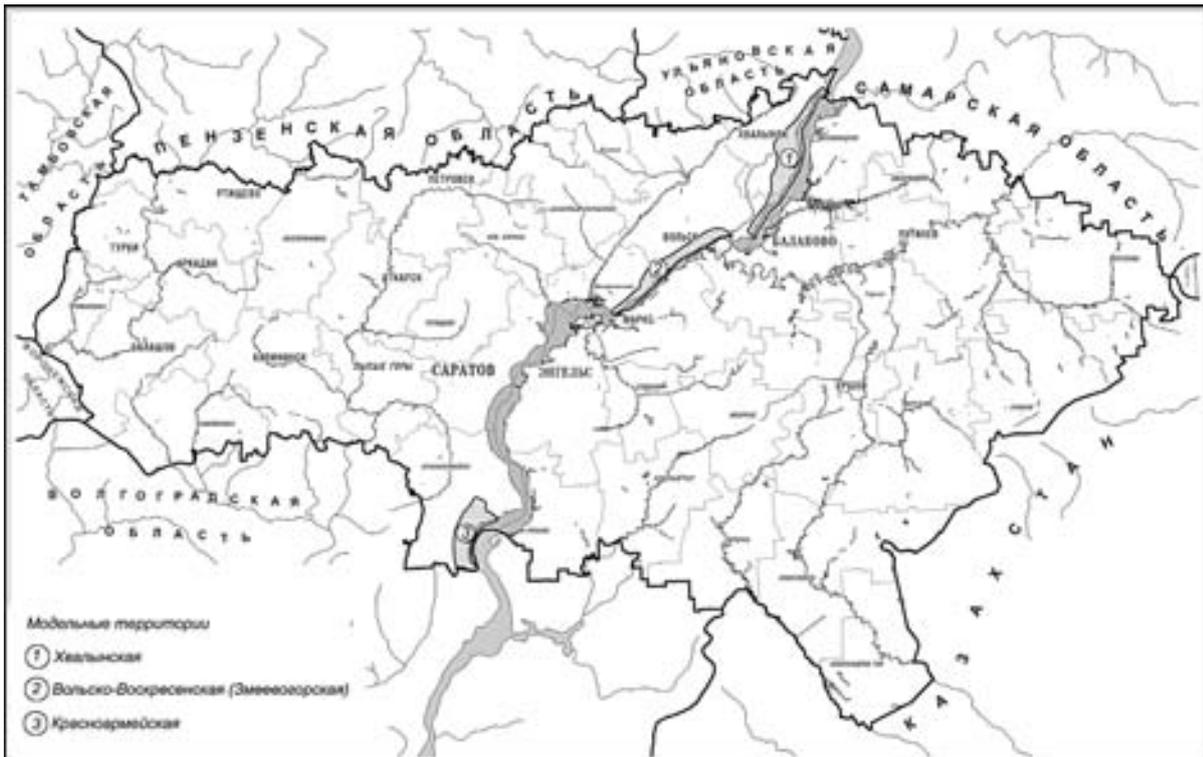


Рис. 1. Обзорная карта расположения модельных территорий саратовского Приволжья

Специфика природных условий и ландшафтные местности правобережного Приволжья

1. Саратовское Предволжье расположено на восточном склоне Приволжской возвышенности, имеет четко выраженную ступенчатость рельефа

и крутой, временами обрывистый берег Волги, расчлененный оврагами, балками и долинами малых рек (рис. 2).

2. В толще горных пород преобладают карбонатные и силикатные отложения морского генезиса, часто рыхлые и быстро размываемые тальми и ливневыми водами.



Рис. 2. Типичный берег восточного склона Приволжской возвышенности в районе Змеевых гор



3. Для всей приволжской полосы характерно активное, местами катастрофическое проявление водно-эрозионных, оползневых и обвально-осыпных процессов.

4. Правобережное Приволжье имеет мозаичный, дробный ландшафтный покров, для которого характерно частое чередование разных горных пород, почв и растительных ассоциаций, гидрографических и климатических обстановок, что обуславливает ландшафтное разнообразие и пейзажную привлекательность.

Более подробно остановимся на ландшафтных выделах, характерных для правобережного Приволжья в пределах Саратовской области. Их можно свести к четырем типам *ландшафтных местностей*, сменяющих друг друга по мере падения абсолютных высот с запада на восток: от «кряжей» Хвалыньских, Вольских, Змеёвых и Красноармейских «гор» к акваториям волжских водохранилищ.

Первый тип местности: лесной и лугово-степной нагорно-возвышенный. Это наиболее приподнятая верхняя ступень рельефа Приволжской возвышенности, с отметками высот от 250 до 360 м над уровнем моря. Она имеет слабо волнистую плоскую, достаточно узкую (шириной от нескольких сот метров до нескольких километров) поверхность, нередко осложненную «кряжами», отдельными останцами и седловинами. Это главный водораздельный массив Приволжской возвышенности, наиболее приближенный к Волге. Поверхность верхней ступени сложена горными породами карбонатного, чаще силикатного состава – это пески, песчаники, сливные кварцитовые и опоковидные песчаники, меловые, мергельные породы. На них сформировались неполноразвитые черноземы разного гранулометрического состава. В период заселения территории русскими, т. е. 200–300 лет назад, большая часть нагорно-возвышенной местности была покрыта дубовыми, местами сосновыми лесами с примесью липы, клена остролистного. Есть свидетельства, что до первой половины XVIII в. в Хвалыньских лиственных лесах водились медведи и другие крупные лесные животные. На лесных полянах преобладают сообщества из лугового и лесного разнотравья.

Второй тип местности: плоско-волнистый, возвышенный, степной, с байрачными лесами и пашней. Ландшафт сформировался на средней (второй) ступени выравнивания, отделенной от верхней крутым уступом. Средняя ступень сложена опоками, мергелями, мергелистыми опоками, опоковидными песчаниками, слабо наклонена к Волге и сильно расчленена балками, оврагами, лощинами и речками.

Местность до агрикультурного освоения была занята степью и часто находилась под выпасом. Территория частично залесена, особенно по оврагам, балкам, долинам малых речек. Вдоль балок и речек встречаются сёла, посёлки, пруды с летними животноводческими стоянками. В XIX столетии местность была почти повсеместно

распахана. Почвы эродированы. В советское время здесь были проведены масштабные лесонасаждения. Абсолютные высоты ступени колеблются от 250 до 170 м над уровнем моря. Средняя ступень отделена от нижней ступени уступом, сильно расчлененным водной эрозией.

Третий тип местности: плоско-наклонный, террасовый, овражно-балочный, степной, с байрачными лесами и пашней расположен на нижнем (третьем) ярусе рельефа Приволжской возвышенности. Иногда его называют ачкагыльской абразионной террасой [1, 2]. Данный тип местности представляет большую часть исследуемой территории, прилегающей к Волге. Её поверхность шириной 5–8 км, слабо наклоняясь к Волге, заканчивается крутым уступом, иногда обрывом к волжскому берегу (рис. 3). Средняя высота ступени 120–140 м над уровнем моря. В красноармейском Приволжье ступень выработана в верхнемеловых породах: подстиляется мелко-зернистыми зеленовато-серыми песками сантона, выше наблюдаются белые мелоподобные толстослоистые плотные мергели турона, переходящие в песчаный мел турон-коньякского возраста [3].

Ещё выше залегают глауконитовые пески и рыхлые опоки сызранского возраста. Поверхность террасы прорезана крупными балками, местами выходящими на среднюю ступень рельефа. Уступ между второй и третьей ступенями рельефа прорезан многочисленными короткими балками. Высота уступа составляет 40–100 м. На поверхности уступа в меловых породах изредка встречаются древнеоползневые цирки, заросшие древесной растительностью.

Работы проводились при финансовой поддержке Русского географического общества (грант «Комплексная экспедиция “Волга – главная улица России”»).

Четвертый тип местности включает волжский берег с пляжем. Сюда же можно отнести и акватории водохранилищ с островами-осередками. Пляжи, как правило, галечниковые, местами поросшие пионерными травянистыми растениями и ивовым кустарником. В устьях крупных балок и речек сохранились пойменные лески из осокоря, ивы, красноклёна, перемежающиеся с тростниковыми зарослями и луговым разнотравьем, со значительной примесью рудеральных видов. Волжский пляж интенсивно перерабатывается, береговой уступ разрушается волновыми процессами. Ширина пляжа часто не достигает и 10 м.

Перейдем к рассмотрению негативных природных и природно-антропогенных процессов, характерных для каждого типа местности.

Современные негативные процессы и явления, характерные для ландшафтных местностей саратовского Предволжья

Верхняя поверхность выравнивания. Для нагорно-возвышенной местности характерны следующие негативные процессы и явления:



Рис. 3. Абразионная терраса Приволжской возвышенности, прорезанная овражно-балочной сетью (Красноармейский район)

– ветровая эрозия в местах добычи песка и песчаника в копанках и небольших карьерах при планировании рельефа во время постройки дорог, прокладки трубопроводов и строительстве зданий;
– загрязнение выбросами автотранспорта территории, прилегающей к шоссе, а также на участках близ автозаправок, автостоянок;

– уничтожение и частичная деградация естественных лесов и искусственных лесонасаждений, травянистых сообществ в результате пожаров, строительства, вырубок (рис. 4).

Данные процессы и явления проявляются в достаточно заметной форме в Хвалынском, Вольском, Саратовском и особенно в Красноармейском



Рис. 4. Сгоревшие нагорно-возвышенные участки леса в Красноармейском районе



районах. В меньшей степени они характерны для Воскресенского района.

Средняя поверхность выравнивания, представляющая в основном сельскохозяйственную и отчасти селитебную территорию, испытывает сильное воздействие водной эрозии, особенно в присельевых зонах и на уступе, отделяющем верхнюю ступень от нижней. Кроме того, близ населенных пунктов встречаются свалки бытовых и строительных отходов. Некоторые из них горят. Особенно активны обозначенные процессы в Красноармейском районе и близ г. Вольска.

Нижняя поверхность выравнивания, на которой размещены населенные пункты, выгоны, выпасы, лесополосы и массивные насаждения, так же как и средняя ступень, чрезвычайно активно размывается тальми и ливневыми водами, имеет сбитые пастбища, многие бывшие пахотные земли в настоящее время представляют бурьянистые залежи.

На нижней террасе повсеместно наблюдается рост донных, склоновых оврагов, оврагов и водо-

роин с пятащейся эрозией, быстрым ручейковым размывом, сплошным смывом незадернованного почвенного покрова.

В целом обе ступени – средняя и нижняя – расчленены многочисленными глубокими и мелкими, длинными и короткими эрозионными формами – рытвинами, водороидами, овражками, оврагами, балками. Особенно активна водная эрозия на южном участке территории исследования – в красноармейском Приволжье.

Вдольбереговая полоса с узким пляжем страдает, прежде всего, из-за постоянных колебаний уровня воды в водохранилищах и активных волнобойных процессов. Это приводит к постоянному размыву волжских берегов, масштабным обвально-осыпным и оползневым процессам. Данные явления проявляются по всему побережью, кроме устьев рек и балок с постоянным водотоком. Особенно они активны в Хвалынском, Саратовском и Красноармейском районах (рис. 5).

Что касается волжских вод, то они загрязнены нефтепродуктами и сильно обогащены органикой.



Рис. 5. Участок береговой полосы с обвально-осыпным и оползневыми процессами в районе с. Широкий Буерак

Это вызывает обильное развитие сине-зеленых и харовых водорослей. Гниющие водоросли в виде своеобразной «пены» скапливаются в устьевой части рек и балок, разнося зловонный запах на десятки метров вокруг.

Затопленная водохранилищами волжская пойма имеет илистое дно, часто камениста. Прибрежные воды «цветут» и заселены водорослями. Колебания уровня водохранилищ приводят при попусках воды к размыву пляжей и обрушению

берегов, и наоборот, при накоплении воды – к падению уровня, обнажению илистого дна, гибели икры рыб, гниению водорослей. Поэтому купание на волжских водохранилищах близ коренного берега не только не вызывает удовольствия, но часто и небезопасно. Итак, отдых на воде если и возможен, то в основном в устьях балок и малых рек. Однако он мало доступен из-за отсутствия подготовленного спуска к Волге на транспорте, малой площади галечниковых пляжей, плохого



качества дна и прибрежной воды. Скопление любителей «дикого» отдыха (в основном браконьеров) в устьевых участках Волгоградского водохранилища ведет к захламлению территории и антисанитарии. Поэтому ныне более или менее цивилизованно отдыхать на Волге можно лишь на оборудованных пляжах в городах и на волжских островах-осередках. Организация отдыха на правом берегу Волги требует серьезных вложений и сегодня существует лишь в отдельных местах, например, в Воскресенском районе такой отдых организован на одной из турбаз у подножья Змеёвых гор, в пределах так называемого «речного» отрезка Волгоградского водохранилища.

Выводы

1. Современная геоэкологическая ситуация в саратовском Приволжье оценивается как напряженная, местами критическая.

В верхней нагорно-возвышенной местности в прошедшие годы, особенно в 2010 г., многочисленные и довольно крупные пожары нанесли серьезный ущерб лесному хозяйству, наиболее пострадал Красноармейский район.

На средней и нижней ступенях рельефа саратовского Приволжья активизировались процессы водной эрозии. Лесные пожары и активизация водной эрозии стали возможны по вине человека – из-за развала системы управления лесными и земельными ресурсами и принятия неудачной редакции Лесного и Земельного кодексов РФ.

УДК 551.589

ОСОБЕННОСТИ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ ЗИМОЙ

С. В. Морозова, Е. А. Полянская

Саратовский государственный университет
E-mail: kafmeteo@sgu.ru

Рассмотрены основные погодо- и климатообразующие синоптические процессы в Нижнем Поволжье. Отражена динамика их изменений на фоне глобальных климатических тенденций. Показано, что холодный температурный режим зимних месяцев формируется под воздействием арктических антициклонов, в то время как под влиянием циклоничности и на полярном, и на арктическом фронтах складываются более теплые зимние условия погоды.

Ключевые слова: атмосферная циркуляция, синоптические процессы, региональный климат.

Features of the Circulation Processes in the Lower Volga Region in Winter

S. V. Morozova, E. A. Polyanskaya

There are considered the basic weather- and climate forcing of synoptic processes in the Lower Volga region. Below shows the dynamics of their changes on a background of global climate trends.

Вдольбереговая зона вследствие отсутствия выработанного профиля равновесия берегов волжских водохранилищ и несогласованного с разными группами природопользователей попусками вод, а также медленного течения и эвтрофикации подвержена обвально-осыпным процессом, заиливанию и «цветению» воды.

2. Рекреационный потенциал саратовского Приволжья понес наибольший ущерб в сегменте отдыха у воды. Для его частичного восстановления требуются специальные научные исследования с последующей разработкой рекомендаций по освоению волжских островов и отдельных участков в устьях рек и крупных балок. Для этого необходимы привлечение частных инвесторов и разработка детальной областной программы развития отдыха в саратовском Приволжье на основе методологии ландшафтного и территориального планирования.

Библиографический список

1. Горелов С. К. Геоморфология и новейшая тектоника Правобережья Нижней Волги // Тр. Института геогр. АН СССР. 1957. Вып. 73. 140 с.
2. Востряков А. В. Неогеновые и четвертичные отложения, рельеф и неотектоника юго-востока Русской платформы. Саратов, 1967. 353 с.
3. Сельцер В. Б., Иванов А. В. Атлас позднемиоценовых аммонитов Саратовского Поволжья. М., 2010. 152 с.



It is shown that the cold temperature of the winter months is formed under the influence of the arctic anticyclone. Of the cyclones on the arctic front and of the cyclones on the polar front are formed warmer winter weather conditions.

Key words: atmospheric circulation, synoptic processes, regional climate.

Климатическая изменчивость, особенно на региональном уровне, определяется, прежде всего, характером течения атмосферных процессов на территории. Преобладание того или иного режима циркуляции в отдельные месяцы и сезоны формирует особый температурный режим, который впоследствии определяет черты региональной климатической изменчивости.

Исследование циркуляции атмосферы в Нижнем Поволжье началось в 60-е годы XX века под руководством В. Л. Архангельского. Впо-



следствии Е. А. Полянской было проведено исследование атмосферных процессов в Нижнем Поволжье за периоды с 1949 по 1969 г. [1] и с 1998 по 2008 г. Результаты позволили определить, что в формировании погоды и климата Нижнего Поволжья участвуют следующие типы наиболее характерных синоптических процессов:

I – циклоническая деятельность на арктическом фронте;

II – воздействие арктического антициклона;

III – воздействие зимнего азиатского антициклона;

IV – воздействие субтропического антициклона;

V – малоградиентное поле;

VI – циклоническая деятельность на полярном фронте;

VII – деформационное поле.

В нашей статье дана характеристика северной части Нижнего Поволжья. Условно эту территорию как реперные пункты характеризуют города Самара и Саратов.

В 50–60-х гг. XX века климатическая система находилась в состоянии стабилизации [2–4], т. е. отсутствовал какой-либо тренд температуры, а с 80-х годов началась устойчивая тенденция роста глобальной температуры, особенно холодного периода года.

В работе было проведено сравнение результатов за разные годы (табл. 1).

Таблица 1

Среднее число дней с синоптическими процессами в Самаре и Саратове зимой

Тип процесса	Период (годы)	Декабрь		Январь		Февраль		Зима	
		Самара	Саратов	Самара	Саратов	Самара	Саратов	Самара	Саратов
I	1949–1969	7,2	6,8	10,1	9,9	7,8	7,5	25,1	24,3
	1998–2007	9,9	9,8	11,4	8,8	9,2	9,1	30,5	27,7
II	1949–1969	4,5	4,3	5,3	5,0	6,1	6,0	15,9	15,3
	1998–2007	4,8	4,7	3,4	3,5	3,8	4,0	12,3	12,2
III	1949–1969	8,6	8,1	7,1	6,1	6,6	6,4	22,3	20,6
	1998–2007	6,7	6,1	8,6	7,9	6,9	5,6	22,2	19,6
IV	1949–1969	0,9	1,1	0,7	1,0	1,1	1,0	2,7	3,1
	1998–2007	0,2	0,7	-	0,2	0,4	0,8	0,6	1,7
V	1949–1969	1,4	1,7	1,6	1,9	1,4	1,4	4,4	5,0
	1998–2007	2,8	2,9	4,1	5,2	3,7	3,2	10,6	11,3
VI	1949–1969	6,5	7,0	4,6	5,5	3,7	4,3	14,8	16,8
	1998–2007	3,5	4,0	2,1	1,7	3,0	4,6	8,6	10,3
VII	1949–1969	1,7	1,7	1,5	1,5	1,3	1,3	4,5	4,5
	1998–2010	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	2,5	2,5

Анализ данных показал, что после 1969 г. более чем за тридцатилетний период произошло изменение в числе дней с синоптическими процессами в зимний период.

Зимой число дней с процессом циклонической деятельности на арктическом фронте (I тип) увеличилось (см. табл. 1). В Самаре в среднем за зиму было 25,1, а стало 30,5 дней, в Саратове было 24,3, а стало 27,7 дня.

Число дней с циклонической деятельностью на полярном фронте (VI тип) уменьшилось. В Самаре было 14,8, а стало 8,6 дней, в Саратове было 16,8, а стало 10,3 дня.

Уменьшилось число дней с арктическими антициклонами (II тип). В Самаре было 15,9, а стало 12,3 дня, в Саратове было 15,3, а стало 12,2 дня.

Уменьшилось число дней с воздействием субтропических антициклонов (IV тип), по восточной периферии которых в Нижнее Поволжье распространяются холодные воздушные массы с

севера. Так, в Самаре было 2,7, а стало 0,6 дней, в Саратове было 3,1, а стало 1,7 дней.

Число дней с воздействием зимнего азиатского антициклона (III тип) изменилось не намного.

Существенно увеличилось число малоградиентных полей повышенного и пониженного давления (V тип). Так, в Самаре было 4,4, а стало 10,6 дней, в Саратове было 5,0, а стало 11,3 дней, т. е. число таких синоптических положений увеличилось более чем вдвое.

Тенденция в сторону уменьшения наблюдается у деформационных полей (VII тип). В Самаре было 4,5, а стало 2,5 дня, в Саратове было 4,5, а стало 2,5 дня.

Известно, что циклоничность зимой формирует более мягкий режим погоды, чем антициклональное поле. Однако для более четкого представления характера изменения температуры при различных типах синоптических процессов было рассмотрено, при каких из них формируется



положительная, а при каких отрицательная аномалия температуры. В монографии [1] показано, что отрицательная аномалия температуры зимой создается под влиянием арктического антициклона, причем отклонение от средней климатической нормы при его воздействии в Саратове составляет 2°C, в Волгограде 4,8°C, в Астрахани 4,5°C. Нулевую аномалию температуры по отношению к климатической норме зимой дают деформационные поля и западная периферия азиатского антициклона.

Положительная же аномалия температуры формируется при воздействии полярнофронтальных циклонов. При этом температура в Саратове повышается на 8,4°C, в Волгограде – на 7,8°C, в Астрахани – на 7°C по сравнению с климатической нормой. Однако и воздействие циклонов,

развитых на арктическом фронте, вызывает отклонение температуры от нормы в сторону более высоких значений, причем во всех частях такого циклона. Средняя температура при I типе синоптических процессов и отклонение от климатической нормы в январе представлены в табл. 2. Отметим, что средняя многолетняя температура в январе составляет в Саратове – 12,1°C, в Волгограде – 9,5°C, в Астрахани – 6,9°C.

При циклонической деятельности на арктическом фронте в Нижнем Поволжье температура выше средней многолетней наблюдается при прохождении не только тёплого фронта и тёплого сектора, но и холодного фронта (см. табл. 2). Это вполне объяснимо, так как интенсивное похолодание в регионе наступает только тогда, когда в тыл циклона смещается ядро холодного воздуха из Арктики [5].

Таблица 2

Среднемесячная температура воздуха в январе и отклонение от климатической нормы при I типе синоптических процессов

Процесс	Период	Саратов		Волгоград		Астрахань	
		$t^{\circ}\text{C}$	$\Delta t^{\circ}\text{C}$	$t^{\circ}\text{C}$	$\Delta t^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{cp}}^{\circ}\text{C}$	$\Delta t^{\circ}\text{C}$
Теплый фронт	1965–1969	–6,8	+5,3	–5,8	+3,7	–	–
	2000–2004	–2,8	+9,3	0,6	+10,1	2,7	+9,6
Теплый сектор	1965–1969	–3,7	+8,4	–3,7	+5,8	–1,4	+5,5
	2000–2004	–3,5	+8,6	–3,0	+6,5	2,5	+9,4
Холодный фронт	1965–1969	–10,7	+1,4	–8,1	+1,4	–4,4	+2,5
	2000–2004	–4,4	+7,7	–3,8	+5,7	–3,5	+3,4

Таким образом, повышение температуры в зимний период на фоне второй волны глобального потепления связано с изменениями в ходе синоптических процессов.

Библиографический список

1. Полянская Е. А. Синоптические процессы и явления погоды Нижнего Поволжья. Саратов, 1986. 208 с.
2. Ранькова Э. Я. Климатическая изменчивость и изменения климата в период инструментальных наблюдений. М., 2005. 67 с.
3. Menne M. Global Long-term Mean Land and Sea Surface Temperatures. URL: <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/anomalies/anomalies.html> (дата обращения : 15.12.2011).
4. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М., 2008. 227 с.
5. Морозова С. В. Эталонные поля давления интенсивных волн тепла и холода летом и зимой в Саратовской области // Вопросы прогноза погоды, климата, циркуляции и охраны атмосферы. Пермь, 1997. С. 25–29.



УДК 551.43 (470.44–25)

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ И ВРЕМЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ РЕЛЬЕФА И РЕЛЬЕФООБРАЗУЮЩИХ ПРОЦЕССОВ В ОКРЕСТНОСТЯХ Г. САРАТОВА

О. Е. Нестерова, В. К. Штырова

Саратовский государственный университет
E-mail: olganesterova12@mail.ru



В статье рассматриваются характерные особенности рельефа территории г. Саратова. Приводится характеристика пространственной взаимосвязи выявленной системы блоковых морфо-структур. Высказываются предположения об основных рельефо-образующих факторах, дается оценка интенсивности развития геолого-геоморфологических процессов и устанавливается связь их с природно-техногенными явлениями.

Ключевые слова: рельеф, геоморфология, блоковые морфо-структуры, экзогенные процессы, тектонические движения.

Spatial and Temporal Organization of Relief and of a Relief Forming Processes Around the City of Saratov

O. E. Nesterova, V. K. Shtyrova

Unique features of relief of the territory of Saratov are considered in this article. The characteristic of the spatial connection of identified system of block morphostructures is given. The assumptions about the main relief forming factors are made, assessments of the development intensity of geology-geomorphological processes and connection of natural-technogenic phenomena with them is given.

Key words: relief, geomorphology, block morphostructures, exogenous processes, tectonic movement.

Материалы и методы исследования. Данная статья посвящена структурно-геоморфологическому исследованию территории г. Саратова и его окрестностей, в котором использована методика морфоструктурного анализа, разнообразные приемы которого направлены, прежде всего, на определение тектонического фактора в рельефообразовании. Морфоструктурный анализ позволяет выявлять блоковые и складчатые морфоструктуры, обусловленные денудацией или активной тектоникой. Поскольку связь рельефа с тектоническим строением подтверждается разнообразными геолого-геофизическими данными блоковую тектонику на изучаемой территории можно рассматривать как главный фактор формирования рельефа. Он и был положен в основу исследования. Блоковые морфоструктуры хорошо сопоставляются со схемой разрывных нарушений, планом речной сети, морфологией склонов, линейным рисунком микро-рельефа и пр. При изучении блоковых морфоструктур авторы опирались на положения концепции геоморфоблокового строения г. Саратова, которая основана на теоретических разработках Г. И. Худякова по конформности рельефа геологическому строению территории.

Результаты исследования. Особенности рельефообразования в районе исследования обусловлены региональными структурно-денудационными условиями. Ниже приводятся краткие результаты исследования.

1. Территория представляет собой сложную разновысотную геоморфологическую систему по восточной части Приволжской возвышенности, примыкающей к долине р. Волги. Наиболее характерной чертой рельефа является сочетание разновысотных полого-увалистых и останцовых водоразделов и склонов. Поверхности водоразделов и склонов разделены сильно эродированными уступами и срезают различные по составу и возрасту породы. Экзодинамическая активность территории проявлена преимущественно эрозией, плоскостным смывом и оползневыми явлениями, интенсивность которых зависит от высоты местного базиса эрозии.

2. Особенности рельефа являются следствием взаимодействия региональных тектонических движений и денудации ее поверхности, что привело к инверсии, разновысотности и ступенчатости поверхностных частей.

Геологические структуры, образовавшиеся в палеозойское – раннемезозойское время в результате неоднократных перестроек тектонического плана, формирования региональных наклонных и значительных колебаний мощности отдельных комплексов осадочного чехла, претерпели значительную трансформацию. Выровненная мезозойская поверхность была перекрыта маломощным чехлом рыхлых отложений в период раннекайнозойской трансгрессии моря со стороны Каспийского бассейна. С неогена здесь установился континентальный режим. При этом началась значительная переработка исходной поверхности: образовавшиеся в палеогене, мелу и юре отложения были дислоцированы, сформировались флексуры, брахиантиклинали, разрывные нарушения. Облик современного рельефа определен в плиоцене – антропогене дифференцированными тектоническими движениями, которые имели разнонаправленный характер и различную скорость в пределах разных структур.

3. Главный фон повышенной активности рельефообразующих процессов создает резко



асимметричная форма Волго-Донского бассейнового пространства.

Рассматриваемая территория расположена на стыке двух речных бассейнов, обладающих разными высотами базисов эрозии (более низким у волжского бассейна по сравнению с бассейном р. Дона) и своими характерными особенностями. Форма Волго-Донского бассейнового пространства резко асимметрична: короткий и сильно расчлененный волжский склон и протяженный выровненный донской склон междуречья. Это крупная куэстовая система моноклиналиного падения мезозойско-кайнозойского комплекса с востока на запад от вздыбленного и разрушенного приволжского правобережья в сторону Окско-Донской равнины, расчлененной субсеквентными долинами. Соответственно интенсивный вынос транзитного обломочного материала направлен в сторону наибольшего падения бассейнового склона – в направлении волжского правобережья и имеет ограниченный вынос транзитного обломочного материала по субсеквентным склонам в Окско-Донскую равнину [1].

Реки Волжского бассейна Елшанка и Курдюм, дренирующие северо-восточную часть территории правобережья, впадают в Волгу, урез которой у Саратова не превышает 20 м. Обладая большими уклонами и короткими склонами, эти реки энергично эродировуют и разрушают своды антиклинальных структур, превратив их в относительные понижения. В то же время устья притоков р. Медведицы, дренирующие западную часть рассматриваемой территории, находятся на абс. высотах 160–140 м, обладают малыми уклонами и слабо эродировывают поверхность Латрык-Лысогорского плато, который остается наиболее возвышенным.

4. В геолого-геоморфологическом строении территории выделяются блоковые структуры по сочетанию контрастных в высотном отношении элементов рельефа, разделенных разрывными нарушениями [2]. Денудационные процессы в пределах геоморфоблоков неоднозначно проявляются в различных по структурному положению, литологическому составу и устойчивости горных породах. Поверхности геоморфоблоков имеют свои морфологические особенности и высотные различия. По периферии блоков экзогенные процессы усиливаются, рельеф здесь имеет наибольшие перепады высот. В некоторых случаях вершинная поверхность может быть сопоставлена с уровнем денудации, который образуется в результате резкого расчленения и почти полного уничтожения первичной денудационной равнины [3]. Зоны контакта блоков тектонически активны, поэтому представляют собой участки наибольшей геодинамической активности, где отмечаются наиболее интенсивные современные экзогенные процессы: оползни, линейная и плоскостная эрозия, суффозия, подтопление, заболачивание. Крупные эрозионные долины, активные

овраги, заложенные по разрывным нарушениям или резким перегибам склонов, совпадают с границами блоков.

Каждый из шести изученных блоков характеризуется своими особенностями геоморфологического проявления экзогенных и эндогенных процессов. Вершинная поверхность блоковых морфоструктур разноориентирована и отличается по высоте, формируя ступенчатый рельеф с маломощным транзитно-покровным комплексом четвертичных отложений, что определенно указывает на длительное господство поднятий в послемiocеновое время, в результате которых разрушаемые факторами денудации тектонические структуры, лежащие в основании блоков, постоянно возобновлялись и по-разному проявлялись в рельефе земной поверхности.

Латрык-Лысогорский геоморфоблок представлен в рельефе совокупностью водораздельных поверхностей, склонов и днищ эрозионных форм. Поверхность этой блоковой морфоструктуры является самой древней, занимает наиболее высокое положение и почти не имеет покрова четвертичных отложений. Водораздельная поверхность здесь срезает палеогеновые породы, а южнее переходит в поверхность прибрежно-морской олигоценовой аккумулятивной равнины. Современный рельеф представляет собой слабо расчлененную денудационную равнину олигоцен-миоценового возраста с абс. высотами 260–300 м. Это плоская, субгоризонтальная поверхность, осложненная слабо выраженными западинами и расчленен ложбинами стока вод. Основные процессы, преобразующие рельеф, – выветривание, плоскостной смыв, эрозия, суффозия, обвално-просадочные явления и оползни по периферии блока. Вершинная поверхность отделяется крутым уступом от опоясывающей ее денудационной поверхности с абс. высотой 200–260 м, распространенной только в пределах Латрык-Лысогорского блока. Обнаруженные здесь миоценовые континентальные отложения позволяют определить ее миоценовый возраст.

Блокораздел, отделяющий Латрык-Лысогорскую блоковую морфоструктуру от соседних, представлен отчетливо выраженным уступом высотой до 100 м, крутизной 20–35°, сильно расчлененным эрозионными ущельями и оврагами. Здесь преобладают склоны сноса и транзита. Ведущими экзогенными процессами в настоящее время являются гравитационные (обвалы, осыпи), эрозионная деятельность временных водотоков, плоскостной смыв. Широким фронтом вдоль уступа Лысогорского плато протекают мощные оползневые процессы, представляющие серьезную геозоологическую опасность для города. Генетически и пространственно с оползневыми образованиями связаны многочисленные просадочные формы.

Поверхности Соколовогорского, Елшано-Курдюмского и Гусельско-Пристанского гео-



морфоблоков представлены высотами 90–180 м и датируются плиоценовым возрастом. Морфологически это сравнительно ровные участки, на которых преобладающими являются процессы выветривания. Плиоценовый возраст этих территорий доказывается наличием здесь на абс. высотах 160 м акчагыльских морских отложений в виде обрывков террасовидных площадок, оконтуривающих водораздельные пространства. Склоны этих поверхностей имеют крутизну 6–15°, выпуклую или слабоогнутую форму, здесь наблюдаются активная эрозионная деятельность, делювиально-дефлюкционный снос и на отдельных участках транзитное накопление коллювия и делювия.

Саратовско-Приволжский блок, отделяющийся от Латырь-Лысогорского крутым уступом, представлен моноклинально простирающейся морфоструктурой, в пределах которой сформировались волжские террасы плейстоценового возраста, сложенные аллювиально-делювиальными отложениями. В рельефе городской территории, несмотря на ее застроенность и селитебные преобразования, хорошо выделяется три уровня аккумулятивных террас ранневалынского, поздневалынского и голоценового возраста. Это ровные, слабонаклонные к р. Волге поверхности высотой в 15–25, 30–37, 45–50 м. На незастроенной территории города выделяется и четвертый уровень плейстоценовой террасы с абс. высотами до 55–90 м. Это неровная, наклонная поверхность, плавно переходящая в склоны сноса и транзита. Терраса в настоящее время перекрыта шлейфом пролювиально-делювиальных отложений и расчленена долинами малых рек, формирующих увалистый рельеф. На застроенной территории поверхность террасы в различной степени изменена антропогенными формами рельефа.

5. Значительная переработка поверхности геоморфоблоков, размытость сводов тектонических структур, дренируемых правобережными притоками Волги, их пониженный по сравнению с первичной структурной позицией гипсометрический уровень обусловлены повышенной интенсивностью здесь эрозии и денудации. При этом существенное значение имеют слабая устойчивость песчано-глинистых горных пород к разрушению и наблюдаемая здесь значительная трещиноватость вдоль разломов. В местах, где густота расчленения поверхности оказалась относительно меньшей, высота водораздельных пространств оказалась наиболее значительной. Именно такая ситуация сложилась с вершинной поверхностью Лысогорского блока, занимающей наиболее высокий гипсометрический уровень в интервале 260–300 м, сложенной опоками и песчаниками сызранского возраста. Таким образом, мы имеем дело с различной степенью трещиноватости тектонически приподнятых блоков: наибольшей в пределах сводовых частей блоковых морфоструктур и меньшей в пределах моноклиналей и грабен-синклиналей. В соответствии с

такой особенностью распространения эндогенной трещиноватости формируются разновысотные блоки: наиболее высокие – в пределах менее разрушенных блоков; невысокие – в пределах территорий с максимальной трещиноватостью [1]. Кроме того, каждая форма (геоморфоблок), изменяясь, втягивает в этот процесс сопряженные с ней другие формы. В такой системе оказались морфогенетически взаимосвязанными скорости тектонических движений и денудация.

6. В ходе геоморфологического развития территории денудационные процессы в пределах тех или иных геоморфоблоков были неоднозначными в различных по структурному положению, литологическому составу и денудационной устойчивости горных породах. Денудацией вскрыты различные уровни водоносных горизонтов, в результате чего получили широкое распространение просадочные и оползневые формы рельефа, овраги, балки, логи и доли, формирующие здесь полого-увалистый рельеф с достаточно резкими морфологическими границами геоморфоблоков и их относительными высотами.

Широким фронтом по всему уступу от Лысогорского массива, обращенному к городу, протекают мощные оползневые процессы, представляющие серьезную геологическую опасность для окраин города [4]. К причинам природного характера, обуславливающим активность оползневых процессов, относятся крутизна склонов, литологический состав пород, благоприятные гидрогеологические и метеорологические условия последних лет. К техногенным факторам относятся подрезка склонов, утечка из водопроводящих коммуникаций, освоение оползневых террас и прирвовочных участков коренного склона под дачно-коттеджное строительство, неумеренные поливы. Высока роль и водохранилища в нарушении устойчивости волжского склона: подъем уровня грунтовых вод, переработка языков и абразионно-оползневого уступа прибрежных оползней.

В Саратове активные оползневые смещения отмечаются на восточных и юго-восточных склонах Лысогорского массива (Октябрьское и Смирновское ущелья), на Соколовгорском массиве (Затон, Пчелка, Новопчелка, овраг Безьянный), в пределах Пристанско-Гусельского блока (Гусельское займище, Зоналка, правый борт Алексеевского оврага), Увекский оползень. Из 36 оползневых участков действующими являются 13 оползней. Оползневые смещения могут привести к деформации и разрушению жилых строений преимущественно частного сектора, дачно-коттеджной застройки, территории больницы, автодороги, газопровода, опор высоковольтных ЛЭП.

Генетически и пространственно связаны с оползневыми образованиями многочисленные просадочные формы. Просадочные явления внешне проявляются в виде блюдцеобразных суффозионных понижений глубиной 5–10 м, особенно



распространены вблизи уступа Лысогорского массива [5].

7. Долины малых рек, дренирующих северные и северо-западные части геоморфоблоков, представлены широкими слабоврезанными формами с озеровидными расширениями и комплексом преимущественно аккумулятивных форм. Это ровные, плоские, местами заболоченные, частично занятые прудами поверхности. Преобладающим процессом здесь является озерная аккумуляция с накоплением глин, суглинков, илистых отложений.

8. В формировании рельефа по-прежнему находят отражение процессы береговой абразионной переработки. Линейная величина переработки абразионного уступа Волги в настоящее время стала ниже среднееголетних значений. За длительный срок эксплуатации водохранилища сформировались обширные отмели, особенно в левобережной части поймы, гасящие действие абразии. Кроме того, многие участки, наиболее подверженные абразии в прошлые годы, защищены береговыми укреплениями. Поэтому в окрестностях Саратова наиболее подверженными переработке являются участки, сложенные террасовыми образованиями. Скорость линейной переработки на большинстве участков отмечается менее 0,5 м [6].

Выводы. Данная статья посвящена геоморфологии городской территории – актуальному направлению прикладной геоморфологии, систематизирующей знания о рельефе города, его строении, внешних признаках, происхождении и закономерностях развития, о взаимосвязях и взаимозависимостях контактирующих сред. Городская территория Саратова относится к районам, где произошла интенсивная переработка природного рельефа в техногенный. Однако даже в стабильных стадиях развития рельеф, созданный техногенной денудацией и аккумуляцией, менее устой-

чив, чем его природный аналог, и вероятность геоэкологического риска такой территории всегда высока. Поэтому представление о локализации морфоструктурных элементов, учет рельефообразующих особенностей территории, оценка интенсивности развития геолого-геоморфологических процессов и изучение природно-техногенных явлений необходимы для адаптации городского населения и хозяйства к почти неизбежному соседству, тем более что город богат производственной инфраструктурой, в северо-восточной его части расположено много эксплуатационных скважин и подземные газохранилища.

Библиографический список

1. Худяков Г. И. Геоэкологическая роль геоморфологических структур территории г. Саратова // Рельеф и человек : материалы Иркутск. геоморфол. семинара. Иркутск, 2004. С. 146–147.
2. Худяков Г. И., Никифоров А. Н. О геоморфоблоковом строении территории города Саратова // Проблемы геоморфологии и морфотектоники. Саратов, 1998. С. 46–48.
3. Худяков Г. И., Нестерова О. Е., Штырова В. К. Геоморфоблоковая структура территории г. Саратова // Географические исследования в Саратовском государственном университете. Саратов, 2008. С. 80–88.
4. Штырова В. К., Нестерова О. Е. Изучение природных и техногенных геоэкологических рисков на территории города Саратова // Изв. Саратов. ун-та. Новая серия. 2007. Т. 7. Сер. Науки о Земле, вып. 2. С. 25–28.
5. Нестерова О. Е., Худяков Г. И., Штырова В. К. Геоэкологические последствия антропогенных преобразований рельефа г. Саратова // Рельеф и человек : материалы Иркутск. геоморфол. семинара. Иркутск, 2004. С. 140–142.
6. Нестерова О. Е., Штырова В. К. Современные рельефообразующие процессы на территории города Саратова // Геоморфологические процессы и их прикладные аспекты : VI Щукинские чтения. М., 2010. С. 193–195.

УДК 911.52(282.247.41)

ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛАНДШАФТНОЙ СТРУКТУРЫ ПОЙМЫ ВОЛГИ В РАЙОНЕ САРАТОВА

М. Ю. Проказов

Саратовский государственный университет
E-mail: mp37@mail.ru

В статье определяется структура пойменного ландшафта Волги в районе Саратова до создания Волгоградского водохранилища. Рассматриваются изменения в пойменных геосистемах после зарегулирования реки, выявляются направления современных ландшафтообразующих процессов на фоне масштабного антропогенного преобразования.

Ключевые слова: река Волга, пойменные ландшафты, Волгоградское водохранилище, трансформация геосистем.



Landscape Structure Transformation of Volga flood Plain at Saratov Area

M. Yu. Prokazov

Structure of Volga flood plain landscape at Saratov area before Volgograd storage pound building is defined in the article. Changes in flood plain geosystems after regulated river are considered, directions of



modern landscape generating processes against the background of large-scale anthropogenic transformation are detected.

Key words: Volga River, flood plain landscapes, Volgograd storage pound, geosystems transformation.

Введение

В настоящее время пойменные ландшафты р. Волги большей частью затоплены созданными во второй половине XX в. обширными водохранилищами. Пойменно-островные массивы сохранились лишь в приплотинных участках Волжско-Камского каскада. В границах Волгоградского водохранилища такой территорией является его северная озеровидная часть, находящаяся между г. Саратовом и г. Марксом, где и сейчас можно увидеть разнообразные по конфигурации, площади и ландшафтной структуре острова. В наши дни экологическое состояние Волги активно обсуждается в обществе и научных кругах [1–3], но, по мнению автора, вопросу современного состояния и природным особенностям сохранившейся островной поймы уделяется меньшее внимание, чем «классическим» для реки проблемам: абразии, загрязнению водных масс промышленными и бытовыми отходами, восстановлению рыбных запасов и т. д. Определение ландшафтной структуры волжских островов, её современной динамики и степени влияния на пойму антропогенных факторов – важные задачи, выполнение которых поможет дополнить представление о проблематике геоэкологических процессов, проходящих сейчас на Волге.

Прежде чем давать характеристику современным пойменным ландшафтам Волги в районе Саратова, следует проанализировать их структуру и морфологические особенности до создания Волгоградского водохранилища. Это необходимо, прежде всего, для понимания динамики и эволюции пойменных ландшафтов при естественном течении природных процессов, того, какие геосистемы были здесь до затопления и в конечном счете, насколько антропогенное преобразование территории повлияло на все ландшафтные компоненты современных пойменных островов. Именно на эти вопросы и попытается ответить автор в данной статье. К тому же анализ современной ландшафтной структуры островов невозможен без представления о территории в недавнем прошлом.

Использованные материалы

Любые исследования прошлого территории, в значительной степени подвергшейся антропогенному преобразованию, сопряжены с проблемой поиска различных материалов, дающих представление об изучаемом районе до масштабного вмешательства в природные процессы человеком. В данном случае речь идет о пойменных ландшафтах – наиболее динамичных, изменчивых природно-территориальных комплексах. В этой связи помимо текстовых данных, описывающих

природные компоненты выделенного участка Волги, особое значение приобретают карты разных лет, сделанные по материалам топографо-геодезических работ до 1958 г. – года окончания строительства Волгоградской ГЭС имени XXII съезда КПСС (сейчас – Волжская ГЭС) и образования Волгоградского водохранилища [4].

Если рассматривать литературные источники, то одним из первых можно привести словарь Брокгауза и Ефрона, где в 7-м томе рассматриваются природно-экономические характеристики Волги конца XIX в. В разделе, посвященном географическому описанию реки, упоминается и озеровидное расширение между Саратовом и Екатеринштадтом (сейчас – г. Маркс): «В плесе от Екатеринштадта до с. Несветаевки (район г. Саратова. – Примеч. авт.), известном под названием “плеса сорока островов”... больших островов насчитывается свыше 30-ти... В плесе сорока островов замечательны: остров Каюковский (15 верст) и группа островов, которая тянется на протяжении 30 верст вдоль саратовского берега» [5, с. 2]. Здесь же анализируется сама причина образования такого количества островов в заданных границах, кратко описываются ход и направление русловых процессов: «...обвалы Соколовой горы, на которой расположено предместье города Саратова, проследившие в продолжение нескольких десятков лет, образовали у нагорного берега осередки и острова, которые, хотя медленно, но постоянно отбрасывали воды Волги к луговому берегу; в настоящее же время главное русло реки так далеко отошло от нагорного берега, что Саратов оказывается стоящим не при Волге, а при ничтожной воложке» [5, с. 17].

Еще более полную информацию о «Старой Волге» можно получить, анализируя отчеты деятельности Волжской биологической станции, сотрудники которой занимались научным исследованием саратовского участка реки в первые десятилетия XX века. В одном из таких отчетов сотрудник станции В. И. Мейснер приводит «Краткий физический очерк р. Волги у Саратова», где дается гидрологическая характеристика реки, описывается геологическое строение территории, по которой течет Волга, указываются метеорологические показатели [6]. Помимо текстовых данных в отчетах станции есть и картографический материал как на большие отрезки реки – «План р. Волги в районе деятельности Волжской биологической станции – составлен на основании съемки М. П. С. 1903 г., исправлен применительно к меженному уровню 1907 г.» [8], так и на отдельные острова и их части, дополненный планами пойменных озер и различными профилями (рис. 1). Безусловно, большое внимание в отчетах станции уделено биологической составляющей пойменных ландшафтов.

Если остановиться на картографическом материале, то представление о незарегулированной Волге в границах саратовского края можно полу-

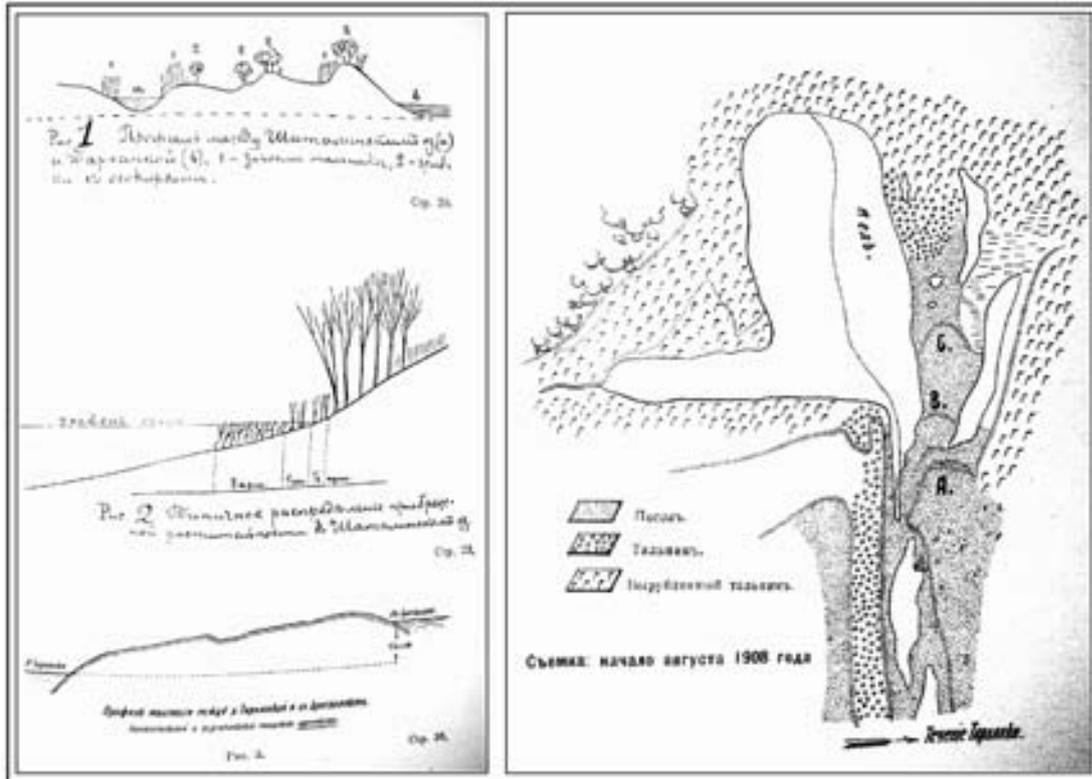


Рис. 1. Графические данные из отчетов Волжской биологической станции (начало XX века) [7]

чить, анализируя карты местности, составленные до 1958 г. Автору удалось собрать 5 среднemasштабных и мелкомасштабных общегеографических и тематических карт на исследуемый участок реки [9–13] и один атлас с листами топографических карт масштаба 1 : 100000 [14]. Работа с данными картами позволила представить площадь пойменных земель до создания водохранилища, их прежнюю морфологическую структуру, выявить особое положение «плеса сорока островов» на отрезке реки в границах Саратовской области, определить соотношение между различными типами растительности и природопользования, выявить основное направление поймообразующих процессов и т. д.

Таким образом, разноплановые материалы по выделенному участку реки, датируемые первой половиной XX в., позволили выявить особенности основных ландшафтных компонентов поймы до её антропогенного преобразования.

Ландшафтная структура поймы до создания водохранилища

Указанные выше источники позволяют в некоторой степени реконструировать пойменные ландшафты выделенного волжского участка.

Вначале необходимо отметить причины особого места данного пойменного массива среди прочих пойменных земель реки. В первую

очередь широкий разлив Волги обусловлен здесь геологическими факторами. Участок реки находится в пределах Марксовской впадины [15], и если в районе с. Березняки ширина поймы колеблется в пределах 2–3,5 км, то в наиболее широких местах Саратовско-Марковского участка пойма распространяется на 20 и более километров в поперечном профиле. Ниже по течению русло вновь сужается до 5–10 км. Второй фактор – рассматриваемый участок находится в нижнем течении Волги, здесь река характеризуется максимальными объёмами стока и переносимого обломочного материала, что в совокупности с некоторым замедлением течения в озеровидном расширении (согласно общим законам гидродинамики) способствует преобладанию аккумулятивных процессов над денудационными. И наконец, третий фактор. В своём нижнем течении Волга принимает крайне малое количество притоков, здесь же в неё впадают сразу четыре малые реки Саратовской области: справа – Терешка и Чардым, слева – Большой и Малый Караман, не считая еще меньших рек – Саратовки, Курдюма, Гусёлки. Здесь же отметим, что устье ближайшего притока Волги выше по течению – Большого Ир-гиза – находится в 70 км от расширения, а ниже по течению в границах области в реку вообще не впадает ни одного существенного водотока (устье ближайшего и последнего притока Волги



в её нижнем течении – Еруслана – находится в 150 км южнее, на территории Волгоградской области). Таким образом, аллювий, привносимый притоками в исследуемый участок, совместно с обломочным материалом самой Волги сформировал здесь обширные площади прирусловой поймы. К этим факторам можно еще добавить и упоминавшиеся выше, характерные для берегов Нижней Волги оползневые процессы, также поставляющие «строительный материал» для пойменных островов. Все эти факторы совместно с формирующими пойму климатом и русловыми процессами в течение сотен и тысяч лет создавали здесь обширный пойменный массив, четко выделяющийся среди прочих участков реки.

До зарегулирования площадь пойменных земель в расширении составляла порядка 500 кв. км. Крупные острова разделялись рукавами и протоками лишь на период половодья, т. е. не более чем на два–три месяца в году. Для многих островов было характерно наличие внутренних, не соединяющихся с Волгой большую часть года озер. Русловые процессы, проходившие по естественным законам, активно трансформировали береговую линию островов. Многорукавное формирование гидрографической сети на данном отрезке, согласно И. В. Попову [16], широкий разлив реки в заданных границах и наличие здесь притеррасной, прирусловой и осередковой поймы (классификация по В. Р. Вильямсу [17]), позволили сформироваться множеству разнообразных ландшафтных фаций с различными подтипами почв, пестрым растительным покровом, особым гидрографическим и микроклиматическим режимом.

В пределах пойменных земель расширения волжской долины преобладали луговые и лесные урочища, причем площадь лугов была заметно больше за счет их преобладания в прирусловой пойме. Третьими по площади выступали урочища открытых песков, занимающих вдольбереговое положение на островах-осередках и приуроченных к берегам прирусловой поймы, выходящим на коренную Волгу. Небольшие площади находились под заболоченными участками, кустарниковой и степной растительностью. Наблюдалось четкое подразделение на низкую пойму с определенным набором характерной фациальной структуры (песчаные косы, луга, заболоченные участки) и высокую, которой, в свою очередь, соответствовал свой набор фаций (леса, редколесья, заросли кустарников, степные и лугово-степные сообщества). Сформировавшийся за многие годы режим поёмности четко разграничивал почвенно-растительный покров. В целом пойменный ландшафт Волги в заданных границах можно было считать динамически развивающимся и в то же время устойчивым в своей вертикальной структуре. Плановые изменения поймы проходили согласно естественному ходу русловых процессов.

Трансформация ландшафтов после зарегулирования Волги

Многие литературные источники достаточно подробно описывают те трансформации, которые произошли с Волгой после создания каскада водохранилищ [1, 4]. Известны изменения в гидрологическом режиме реки, активация абразионных процессов, изменение видового состава флоры и фауны и т. д. [4]. В данной статье автор акцентирует внимание на сохранившихся пойменных территориях с целью выявления изменений, произошедших с пойменными геосистемами после создания Волгоградского водохранилища.

В первую очередь можно утверждать, что площадь островной поймы до затопления превышала современные показатели приблизительно на 50%. Ведь водохранилище подняло уровень уреза воды у Саратова с 9 до 15 м!

При сравнении горизонтальной ландшафтной структуры пойменных геосистем на заданном участке в настоящее время и до затопления можно определить типы урочищ, площадь которых максимально сократилась. В первую очередь это геосистемы низкой поймы, которые до преобразования реки были заняты открытыми песками и пойменными лугами. Обширные песчаные наносы на одном из островов расширения оказались под урезом воды, что видно на рис. 2. Были практически полностью утрачены экосистемы внутренних островных озер. Изменилась и структура почвенного покрова – в первую очередь начало проявляться засоление почвы в прирусловой левобережной пойме, обусловленное поднятием уровня грунтовых вод. В вертикальном профиле поймы характерные процессы переотложения аллювия изменились в связи с сокращением скорости течения и регуляцией уровня воды плотинами ГЭС. Песчаные отложения стали перекрываться илами.

Вместе с тем современные полевые исследования и последующая работа над созданием ландшафтной карты территории показывают, что фациальная структура сохранившейся поймы усложнилась. Многие типы фаций хоть и были большей частью затоплены, но все же сохранили свое представительство и в современном пойменном ландшафте рассматриваемого участка Волги. Переход на уровень низкой поймы более возвышенных участков островов вызвал отчетливую смену в почвенно-растительном покрове. Луговая растительность стала постепенно занимать характерные по режиму увлажнения участки, замещая страдающие от избытка влаги лесные, в основном дубовые массивы.

Подтопление поймы создало благоприятные условия для видов животных и растений, ранее не распространенных или представленных в малом количестве на данном участке Волги. Так, смена сукцессий постепенно ведет к увеличению площади тальников и ветляльников, параллельно

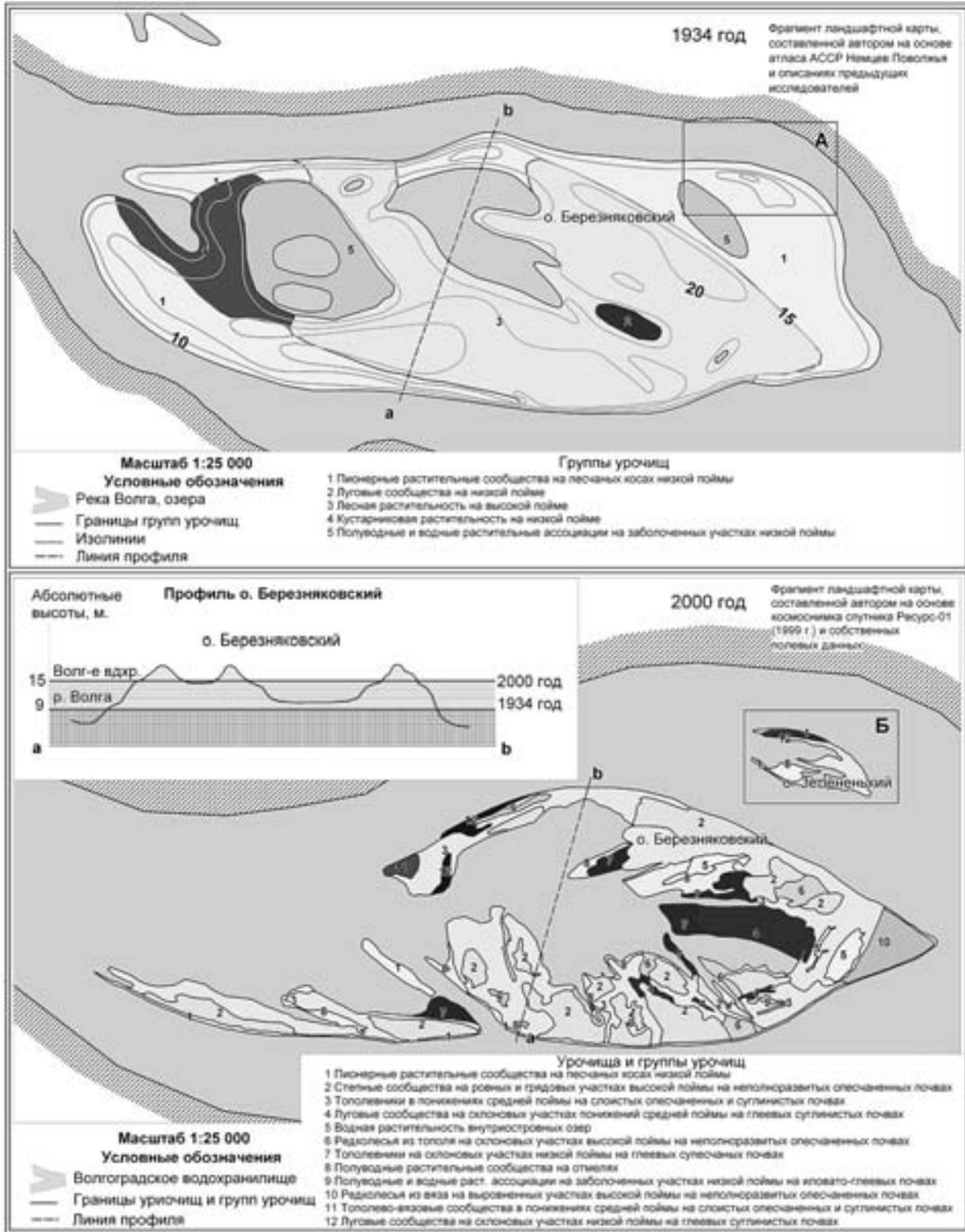


Рис. 2. Сравнение ландшафтной структуры пойменного участка Волги до и после создания Волгоградского водохранилища



сокращаются дубравы [18]. Образовавшиеся обширные отмели стали ареалами произрастания камышево-рогозовых ассоциаций, до затопления занимавших намного меньшие территории. Появились заросли тростника, совершенно не характерные для островов до середины прошлого века. На врезках А и Б рис. 2 видно, как на бывшей песчаной косе, на её не затоплен-

ном наиболее возвышенном участке, за 50 лет песчаное урочище дополнилось полуводными растительными сообществами, луговой растительностью и тополевым. Представленные на рис. 3 фотографии наглядно демонстрируют фациальную смену в ландшафтной катене, когда отмирают древесные породы, замещаясь травянистой растительностью.



Рис. 3. Отмирание пойменных дубрав (фото М. Ю. Проказова и А. В. Кошкина, 2010 г.)

Выводы

В итоге масштабное антропогенное преобразование Волги привело к значительной смене ландшафтной структуры её поймы. Пойменные геосистемы отреагировали усложнением набора фаций. Таким образом, пойма «приспосабливается» к изменившимся гидрологическим, геоморфологическим, микроклиматическим условиям. Ведь антропогенное вмешательство заключается не в абсолютной смене, замещении или уничтожении одного или нескольких природных компонентов, а в частичной трансформации структуры ландшафтной катены. Полевые исследования последних лет (2007–2011 гг.) выявили вновь образующиеся острова, уже закрепленные растительностью, в том числе и древесной. Несмотря на угнетающие факторы, продолжают существовать и пойменные ландышевые дубравы. Саратовская

пойма продолжает сохранять роль убежища для многих краснокнижных видов флоры и фауны, эстетическую привлекательность для отдыхающих и свои хозяйственные функции. В то же время утверждение, что «Волга превращается в болото», не так уж далеко от реальности. Огромные территории сейчас заняты камышево-рогозовыми, тростниковыми зарослями, как и всё водохранилище, «цветут» протоки, ерики и воложки. Нельзя забывать о том, что площадь пойменных островов продолжает сокращаться за счет непрекращающейся абразии. Еще многие процессы развития поймы под влиянием водохранилища предстоит выявить. Но уже сейчас можно сказать, что в островной пойме озеровидного расширения между г. Саратовом и г. Марксом обнаруживаются как признаки деградации, так и вновь приобретенные защитные механизмы, способствующие сохранению данного участка Волги.



Библиографический список

1. Возрождение Волги – шаг к спасению России : в 2 кн. Кн. 2 / (Субъекты Федерации и города бассейна) / под ред. И. К. Комарова. М., 1997. 511 с.
2. Экология и права человека. Вып. 343. URL: <http://index.org.ru/eco/343.html> (дата обращения : 11.01.2012).
3. Всё о воде. URL: http://www.o8ode.ru/article/planetwa/rekuche/rure/realii_velikoi_reki_volgi.html (дата обращения : 11.01.2012).
4. Труды комплексной экспедиции Саратовского университета по изучению Волгоградского и Саратовского водохранилищ / под ред. А. С. Константинова. Саратов, 1970. Вып. 1. 131 с.
5. Энциклопедический словарь. Издатели: Ф. А. Брокгауз, Ф. И. Ефрон. Типолиитография И. А. Ефрона. С.-Петербург., 1892. Т. 7. 484 с.
6. Отчет о деятельности Волжской биологической станции за лето 1901 г. // Тр. Волж. биол. ст. 1902. Т. II. С. 12–15.
7. Мейсер В. И. Гидробиологические очерки некоторых поемных озер долины реки Волги у Саратова // Тр. Волж. биол. ст. 1909. Т. IV, вып. 5. С. 1–3.
8. Отчет о деятельности Волжской биологической станции за 1905 г. // Там же. 1906. Т. III, вып. 1. 78 с.
9. Почвенная карта Саратовского уезда Саратовской губернии. Масштаб в 1 дюйме 3 версты. Картографическ. отд. лит. Т. Киббель. Петроград, 1916.
10. Специальная Карта Европейской России. Лист 74–92–III. Масштаб в 1 дюйме 10 верст. Литография картографического отдела Корпуса военных топографов. М., 1919.
11. РСФСР, Саратовская и Сталинградская область. Лист III–M–38. Масштаб 1 : 300 000. Картографический цех Московского аэрогеодезического предприятия. М., 1947.
12. Схематическая карта Ворошиловского района Саратовской области. Масштаб 1 : 150 000. Картографическое предприятие Управления землеустройства и севооборотов. Саратов, 1948.
13. Почвенная карта Саратовской области. Масштаб 1 : 600 000. Отдел землеустройства Саратовского областного управления сельского хозяйства. Саратов, 1958.
14. Атлас АССР Немцев Поволжья. Литограф. картпредпр. Саратов, 1935.
15. Востряков А. В., Ковальский Ф. И. Геология и полезные ископаемые Саратовской области. Саратов, 1986. 128 с.
16. Попов И. В. Загадки речного русла. Ленинград, 1977. 168 с.
17. Вильямс В. Р. Избранные сочинения : в 12 т. М., 1955. Т. 2. 801 с.
18. Пискунов В. В. Растительность пойменно-островных экосистем Волгоградского водохранилища // Бюл. Бот. сада Сарат. гос. ун-та. Саратов, 2002. Вып. 1. С. 23–31.

УДК 633:551.5

ВЛИЯНИЕ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА РАННИХ ЗЕРНОВЫХ И ОЗИМЫХ КУЛЬТУР ПО СТАНЦИЯМ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

С. И. Пряхина, Ю. А. Складаров, Е. И. Гужова, В. А. Назаров¹, Ю. Г. Леонтьев¹

Саратовский государственный университет

E-mail: kafmeteo@sgu.ru

¹Саратовский государственный аграрный университет

E-mail: sintetik@sgau.ru

В работе представлен прогноз качества зерна яровых пшеницы, ячменя, овса и озимой пшеницы, полученный на основе корреляционной связи белковости зерна со средней месячной температурой воздуха июня. Полученное авторами уравнение позволяет оценить качество зерна с месячной заблаговременностью, что имеет важное значение для организации заготовки зерновых культур.

Ключевые слова: средняя месячная температура июня, зерновые культуры, качество зерна, белковость зерна.

Impact Agrometeorological Factors on the Formation of Productivity and Quality Early Grain and Winter Crops for Stations on the Saratov Region

S. I. Pryakhina, Yu. A. Skliarov, E. I. Gugova, V. A. Nazarov, Yu. G. Leontev

The forecast of the spring wheat quality is represented in this work summer wheat, barley, oat and winter wheat. The forecast is



composed on the grounds of correlation of the amount of protein in cereal with monthly air temperature in June. The education derived by the authors lets to estimate the cereals quality in monthly advance. The forecast of the new harvest cereal composed in advance has an important meaning in organisation of cereal provision.

Key words: average monthly temperature in june, crops, grain quality, protein content of grain.

Саратовская область является одним из крупных районов страны, где активно развивается сельское хозяйство. В структуре посевных площадей особенно велик клин озимых и зерновых культур. Вместе с тем большая часть территории находится в зоне неустойчивого земледелия. Поэтому для получения высоких и стабильных урожаев необходимо внедрение передовых технологий возделывания зерновых и озимых культур. Однако климатические и погодные условия также в значительной мере определяют урожай и качество продукции сельскохозяйственных культур.



В научной литературе имеются единичные работы по прогнозу качества зерновых культур и озимой пшеницы [1–3]. Между тем прогноз качества зерна нового урожая, составленный с достаточной заблаговременностью, имеет важное значение для организации заготовки зерновых культур.

В [4] показано, что в Саратовской области наблюдается тесная связь белковости зерна яровой пшеницы с температурой июня. Коэффициент корреляции этих величин составляет 0,78, что свидетельствует о хорошей предсказательности предлагаемого авторами уравнения

$$y = 0,49x + 4,3,$$

где y – содержание белка в яровой пшенице; x – средняя месячная температура июня.

Тем не менее остается неясным вопрос о пригодности этой формулы для прогноза качества других зерновых культур, широко возделываемых в области, например яровых ячменя и овса, влияния сортовых особенностей культур, а также различных почвенных условий.

Целью полевых исследований являются выявление своеобразия климатических условий в Саратовской области в 1995–2011 г., расчет прогностической белковости яровых культур – пшеницы, ячменя, овса и озимой пшеницы, определение фактической белковости культур при возделывании на территории различных районов Саратовской области.

В 1994–2004 гг. опыты проводили на территории ООО «Баландинский» Калининского района. Почвенный покров хозяйства представлен в основном черноземами обыкновенными среднегумусными и маломощными, обеспеченность доступными формами азота средняя, фосфором – низкая, обменным калием – высокая. В названном хозяйстве возделывали озимую пшеницу «Мионовская 808», яровую пшеницу «Саратовская 58» и яровой овес «Льговский 10».

В 2004–2006 гг. полевые исследования при возделывании яровой пшеницы «Саратовская 42» проведены на полях ЧП «Борщев» Саратовского района. Почвенный покров пестрый: черноземы обыкновенные и южные с различной степенью смывистости, щебенчатости и в незначительной мере солонцеватости. Содержание гумуса колеблется от 4,0 до 5,5%. Обеспеченность фосфором от 2,6 до 23,0 мг/100 г почвы, калия от 13,5 до 38,0 мг/100 г почвы. Реакция среды слабощелочная (рН = 7,5–7,8), в нижних слоях – щелочная (рН = 8,0–8,3).

В 2006–2009 гг. исследования проведены на полях ООО «Перспективное» Татищевского района. Характеристика почв: содержание гумуса 2,4–5,7%, нитратного азота – от низкого до среднего значения, подвижного фосфора – средняя обеспеченность, обменного калия – высокая обеспеченность. На указанных полях возделывали овес сорта «Скаун».

В 2006–2008 гг. изучали передовые технологии возделывания ячменя сорта «Донецкий 8» на полях ОПХ «Преображенское» (опытно-производственное хозяйство) Пугачевского района. Почвы опытных участков представлены черноземом южным, тяжелосуглинистым, содержание гумуса 3,8%, обеспеченность подвижным фосфором и нитратным азотом средняя, обменным калием низкая.

В 2007–2009 гг. яровую пшеницу «Саратовская 68» возделывали на полях селхозугодий Аркадакской сельскохозяйственной опытной станции ГНУ НИИСХ Юго-Востока. Почвы представляли собой чернозем обыкновенный, содержание гумуса 6,0–6,8%, кислотность почвы 7,0–7,2, обеспеченность минеральным азотом и подвижным фосфором – средняя, обменным калием – высокая.

Полевые исследования проведены в 2008–2011 гг. на территории ООО «Свобода» Базарно-Карабулакского района Саратовской области. Почва: чернозем обыкновенный, среднесплодный, тяжелосуглинистый, содержание гумуса составляет 5,8–7,7%, обеспеченность почвы доступными растениям формами фосфора высокая, азота средняя, обеспеченность калием высокая, реакция почвенной среды в пахотном слое нейтральная (рН = 6,9–7,2). Изучены сорта мягкой яровой пшеницы «Саратовская 42», «Белянка», «Прохоровка».

Опыты для всех культур закладывали в четырехкратной повторности на делянках размером 61,6 м² (5,6 · 11,0 м), размещение вариантов рендомизированное.

Анализ статического материала изменения средней температуры июня по метеостанции «Саратов» за 20 лет и результаты расчета прогностической белковости яровой пшеницы позволили построить графическую зависимость «прогностическая белковость – температура» (рис. 1).

На основе данных о фактической белковости яровой пшеницы, представленных в [4], нами построена корреляция фактической белковости от температуры. Получены уравнения прямых: $y = 0,49x + 4,2$ – для прогностической белковости яровой пшеницы, $y = 0,50x + 4,1$ – для фактической белковости культуры.

Как следует из рис. 1, а также анализа уравнений, прогностическая и фактическая белковость яровой пшеницы хорошо совпадают, погрешность не превышает 6–8%. Поскольку полевые опыты были проведены в различных районах Саратовской области, нами построены температурные зависимости по данным различных метеостанций области за последние 20 лет (рис. 2).

Анализ представленных температурных зависимостей свидетельствует о том, что средняя температура июня по области находится в диапазоне 19,5–23,0°C, разница не превышает 6–7%. Вместе с тем в дальнейшем при расчете прогностической белковости мы исходили из температуры июня, по метеостанциям, ближайшим к конкретным изучаемым районам.

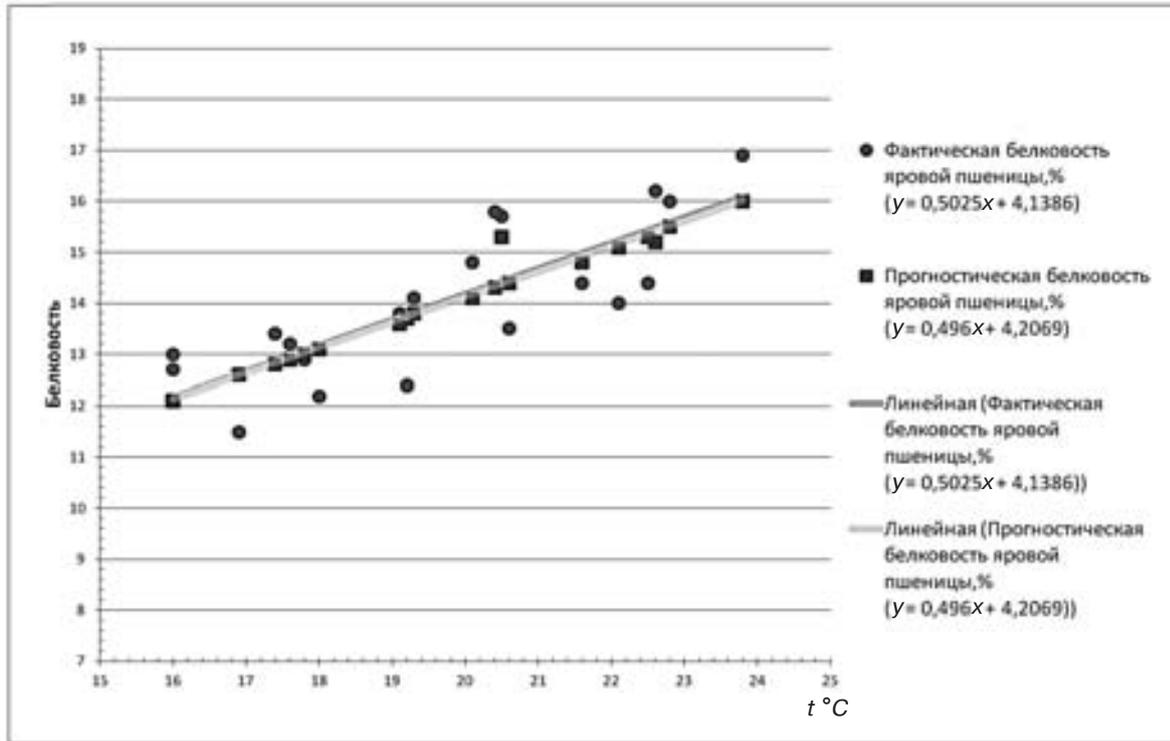


Рис. 1. Ход прогностической и фактической белковости яровой пшеницы

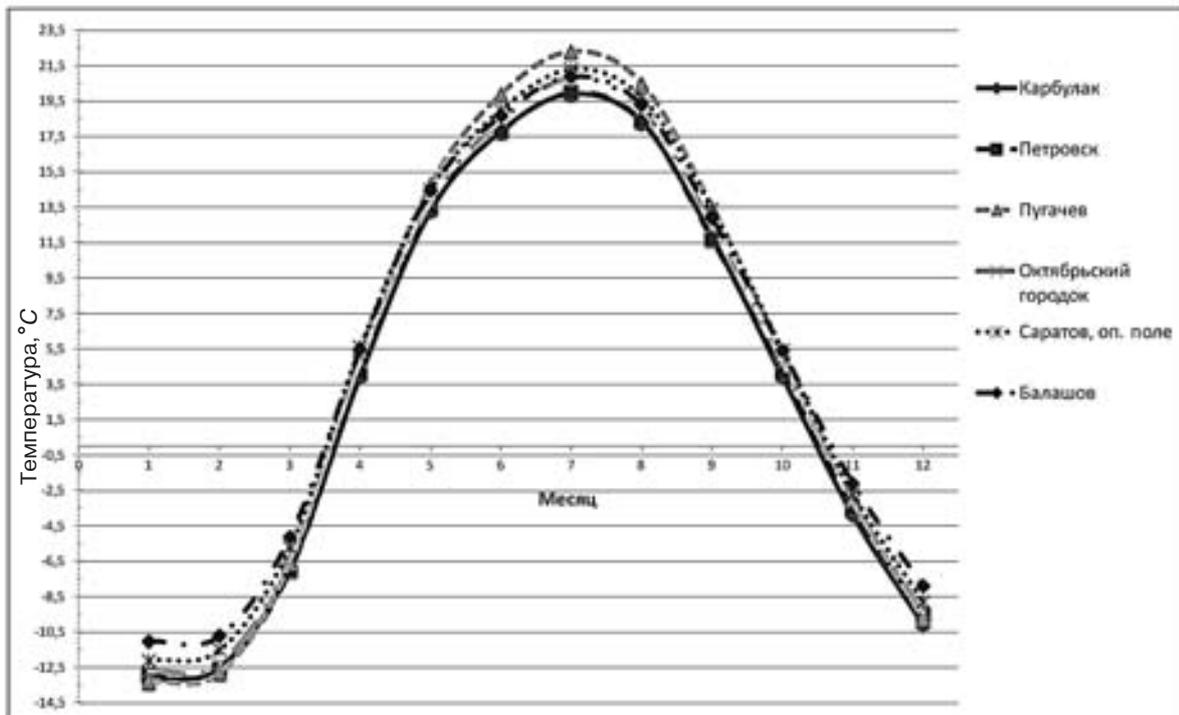


Рис. 2. Ход средней месячной температуры по станциям Саратовской области

По среднемесячным температурам июня нами были рассчитаны прогностическая и фактическая белковость яровых пшеницы, овса, ячменя

и озимой пшеницы. Полученные результаты представлены в таблице.



Средняя месячная температура июня и белковость яровых культур

Культура	Год исследования	Среднемесячная температура июня	Прогностическая белковость	Фактическая белковость
Озимая пшеница «Мироновская 808»	1994	16,7	12,5	13,0–14,4
	1995	22,5	14,9	14,0–14,9
	1996	19,1	13,6	13,0–14,4
	1997	20,9	14,4	14,3–14,8
	1998	22,6	15,3	14,9–15,1
Овес «Львовский 10»	1999	21,4	14,7	14,4–14,9
	2000	18,8	13,5	13,3–13,6
	2001	18,4	13,3	13,1–13,4
Яровая пшеница «Саратовская 58»	2002	18,9	13,6	13,4–13,7
	2003	15,7	12,0	11,7–12,1
	2004	19,6	13,9	13,6–14,0
Яровая пшеница «Саратовская 42»	2004	19,6	13,9	13,5–13,9
	2005	19,5	13,8	13,4–13,9
	2006	21,7	14,9	14,5–14,9
Яровой ячмень «Донецкий 8»	2006	21,7	14,9	14,5–14,8
	2007	19,8	14,0	13,7–14,1
	2008	18,6	13,4	13,1–13,3
Яровой овес «Скакун»	2006	21,7	14,9	14,5–14,9
	2007	19,8	14,0	13,8–14,1
	2008	18,6	13,4	13,2–13,5
Яровая пшеница «Белянка»	2008	18,6	13,4	13,3–13,5
	2009	22,2	15,2	14,1–14,8
	2010	22,2	15,2	14,3–14,9
	2011	19,4	13,8	13,6–14,3
Яровая пшеница «Прохоровка»	2008	18,6	13,4	13,3–13,6
	2009	22,2	15,2	14,7–15,1
	2010	22,2	15,2	14,5–15,0
	2011	19,4	13,8	13,7–14,0

Полученные результаты с достаточной степенью уверенности позволяют утверждать, что предложенная формула расчета белковости яровой пшеницы может быть использована для прогностической характеристики качества других зерновых культур с месячной заблаговременностью, при этом погрешность составляет 7–12% и не является существенной.

Таким образом, можно сделать вывод, что расчет прогностической белковости на основе среднемесячной температуры июня позволяет расширить круг зерновых культур, для которых возможна реализация данного уравнения. Такой расчет поможет осуществить прогноз качества зерновых культур, что особенно актуально для сельхозтоваропроизводителей, так как позволяет им своевременно организовать уборку, сохранность и предпродажную подготовку зерна, а также получить экономическую выгоду.

Библиографический список

1. Деревянко А. Н. Погода и качество зерна озимых культур. Л., 1989.
2. Страшный В. Н. Влияние агрометеорологических условий на качество урожая озимой пшеницы // Метеорология и гидрология. 1975. № 10.
3. Пряхина С. И., Левицкая Н. Г. Погода и качество зерна // Экология, здоровье и природопользование: тр. Рос. науч.-практ. конф., посвящ. 200-летию Сарат. губернии. Саратов, 1997.
4. Пряхина С. И., Скляров Ю. А., Васильева М. Ю. Агрометеорологические прогнозы качества зерна озимой и яровой пшеницы в Саратовской области // Изв. Саратов. ун-та. Новая серия. 2007. Т. 7. Сер. Науки о Земле, вып. 1. С. 26–29.



УДК 551.55

КЛИМАТО-ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РЕШЕНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

А. Б. Рыхлов

Саратовский государственный университет
E-mail: kafmeteo@sgu.ru

Разработаны теоретические основы универсальной климато-информационной технологии решения задач по оценке потенциальных и утилизируемых ветроэнергетических ресурсов и условий эксплуатации ВЭУ. Приемлемая погрешность пространственного восстановления ветроэнергетических характеристик, широкий круг возможностей, простота использования и другие достоинства этой технологии являются убедительным основанием для применения ее на стадии предпроектных разработок.

Ключевые слова: режим ветра, распределение скоростей ветра, ветровые ресурсы, климат, изменение с высотой, продолжительность работы, простой.

Climatic-Information Technology of Wind-Energetic Tasks Solving

A. B. Rykhlov

Theoretic basis of all-purposes climatic-information technology estimation of potential and utilize wind-energetic resources and wind-energetic plant service conditions are developed. Acceptable error of wind-energetic characteristics spatial renewal, wide range of facilities, usability and other qualities of this technology are conclusive proof for its application in stage of preproject development.

Key words: wind climate, wind speed distribution, wind resources, climate, height change, period of service, downtime.

Разработке методик обработки ветровых данных для решения задач ветроэнергетики посвящены многие работы как отечественных, так и зарубежных ученых. Среди них особо выделяется три направления исследований, посвященных разработке ветроэнергетического кадастра (ВЭК) [1–7], оценке производительности ветроэнергетической установки (ВЭУ) и оптимального размещения их по территории [2, 8–16].

Для того чтобы определить производительность ВЭУ и режим ее работы в том или ином районе, необходимо располагать соответствующей информацией о ветре. Ранее в качестве таковой использовали в основном статистику распределения: среднюю скорость ветра (v), коэффициент вариации и коэффициент асимметрии срочных значений. Рассчитать их не представляет труда для тех пунктов и на тех уровнях, где проводятся наблюдения за ветром [17, 18]. Однако ВЭУ размещаются, как правило, вдали от метеорологических и аэрологических станций, а высота оси ветроколеса варьирует в широких пределах. Поэтому возникает задача восстановления режима ветра в любой точке приземного

слоя атмосферы и на той высоте, где располагается ось ветроколеса ВЭУ.

Наиболее эффективным способом решения этой задачи в настоящее время признан статистический метод. Его реализация может осуществляться по-разному, в зависимости от наличия той или иной исходной информации [19]. После ее «привязки» к опорной станции, используя параметры распределения и закономерности изменения средней скорости, нетрудно восстановить вертикальный профиль ветра, используя статистические зависимости и один из законов изменения скорости с высотой. Очевидно, решить эту задачу гораздо проще, если использовать установленный закон распределения скоростей ветра, что позволит рассчитать любые статистические характеристики ветра.

Установленные нами закономерности режима скоростей ветра на уровне метеостанций [20, 21] и изменения их с высотой на юго-восточной территории России (ЕТР) [22] дадут возможность разработать новую технологию решения ветроэнергетических задач для этого региона. Полученное в [21] ключевое уравнение

$$P(v) = \exp \left[-0,88 \left(\frac{v}{\bar{v}} \right)^{1,37} \right] \quad (1)$$

позволяет при использовании средней скорости ветра \bar{v} научно обосновать режим скоростей ветра v на любой высоте и соответственно оценить потенциальные и утилизируемые ветроэнергетические ресурсы, а также решить все другие задачи использования ВЭУ. Среднюю скорость \bar{v}_z на требуемой высоте z можно рассчитать по формулам

$$\frac{\bar{v}_z}{\bar{v}_h} = \left(\frac{z}{h} \right)^m \quad (2)$$

или

$$\bar{v}_z = \bar{v}_h \frac{\ln z - \ln z_0}{\ln h - \ln z_0} \quad (3)$$

Значения параметров m и z_0 определяют установленные нами эмпирические выражения: для средних годовых значений скорости ветра

$$z_0 = 381,6 \cdot e^{-1,66\bar{v}_h} \text{ или } m = 0,864 \cdot e^{-0,31\bar{v}_h}; \quad (4)$$

для средних месячных значений в период с сентября по май

$$z_0 = 335,9 \cdot e^{-1,60\bar{v}_h}, \quad (5)$$



$$m = 0,798 \cdot e^{-0,28\bar{v}_h}, \quad (6)$$

и в период с июня по август

$$z_0 = 228,5 \cdot e^{-1,71\bar{v}_h}, \quad (7)$$

$$m = 0,798 \cdot e^{-0,28\bar{v}_h}, \quad (8)$$

где \bar{v}_h – средняя скорость ветра на уровне флюгера h .

Эти уравнения являются основой решения почти всех ветроэнергетических задач на любой высоте приземного 150–200-метрового слоя атмосферы для всех известных на сегодня ВЭУ. Ранее отмечалось, что для целей ветроэнергетики с использованием климатологической информации необходимо решить 3 задачи:

- 1) дать климатологическую оценку ветроэнергетических ресурсов и выбрать тип ВЭУ с учетом ее производительности и места размещения;
- 2) выявить режим работы и эксплуатации ВЭУ;
- 3) сконструировать ВЭУ и обосновать их прочностные характеристики.

Разработанные нами физико-статистические модели климатологической оценки ветроэнергетических ресурсов на уровне оси ветроколеса позволяют решить эти задачи самым оптимальным образом. Входным параметром в разработанную модель является средняя месячная или годовая скорость ветра. Для ее определения можно использовать карты географического распределения средних годовых скоростей ветра, также эти данные могут быть взяты из справочников по климату. Последние для рассматриваемого региона имеются для более чем 200 станций [23, 24]. К вопросу интерполяции средней месячной или годовой скорости ветра вблизи земной поверхности для интересующего изыскателя района следует подходить с большой осторожностью.

Метод оценки производительности ВЭУ. Как было показано выше, для обоснования использования ВЭУ в том или ином районе можно применить значение средней скорости ветра. При этом в грубом приближении уровень $\bar{v} \geq 5$ м/с характеризует высокий ветроэнергетический потенциал данной местности [3]. Однако стоит учитывать то, что куб средней не равен среднему кубу скорости ветра, поэтому при таком подходе возможны ошибки, приводящие к занижению фактического значения ветроэнергетического потенциала, связанные с методом его определения. Так, в начале XX в. для этих целей часто использовали только среднюю скорость ветра, поэтому удельная мощность ветра занижалась более чем в 3 раза. При использовании повторяемости различных ветров в виде дискретных градаций занижали оценки на 15%. Лишь удачно подобранная функция распределения скоростей ветра, учитывающая его непрерывность, дает результаты, близкие к действительности.

Являясь горизонтальным движением воздуха, ветер, как и всякое движение, обладает определённой кинетической энергией [1, 3]. Потенциальные запасы энергии ветра связаны со скоростью ветра и описываются выражением

$$W = \frac{1}{2} \rho S v^3 t, \quad (9)$$

где ρ – плотность воздуха; S – площадь поперечного сечения (ометаемая площадь), через которое проходит поток воздуха за время t . Отсюда удельная ветроэнергетическая мощность воздушного потока, приходящаяся на единицу площади в единицу времени, будет равна

$$N_{уд} = \frac{1}{2} \rho v^3. \quad (10)$$

Временной изменчивостью ρ в приземном слое обычно пренебрегают, поскольку её вариации не превышают 10% значения плотности воздуха для стандартной атмосферы ($\rho_c = 1,226$ кг/м³). Как показали наши расчеты, с использованием

формулы $\rho = \frac{P}{RT}$, средних месячных (годовых)

значений атмосферного давления и температуры воздуха это вполне допустимо. В формуле P – атмосферное давление, T – виртуальная температура воздуха, R – удельная газовая постоянная сухого воздуха равная 287 Дж/кг·К. На рассматриваемой территории средние значения плотности воздуха, по нашим оценкам, составляют 1,224–1,228 кг/м³. Отклонения от средней стандартной плотности не превышают 3%.

Каждая конкретная скорость ветра вносит свой вклад в среднее значение удельной мощности ветрового потока, но этот вклад существенно зависит от ее повторяемости. Для иллюстрации этой зависимости на рисунке представлена компиляция двух графиков, один из которых характеризует прямопропорциональную зависимость удельной мощности ветрового потока от куба середины градации скорости ветра, а второй – повторяемость этой градации. При построении были использованы соответствующие данные по г. Ершову (Саратовская область) на высоте 10 м. Удельная мощность ветрового потока для конкретных градаций определялась нами по формуле

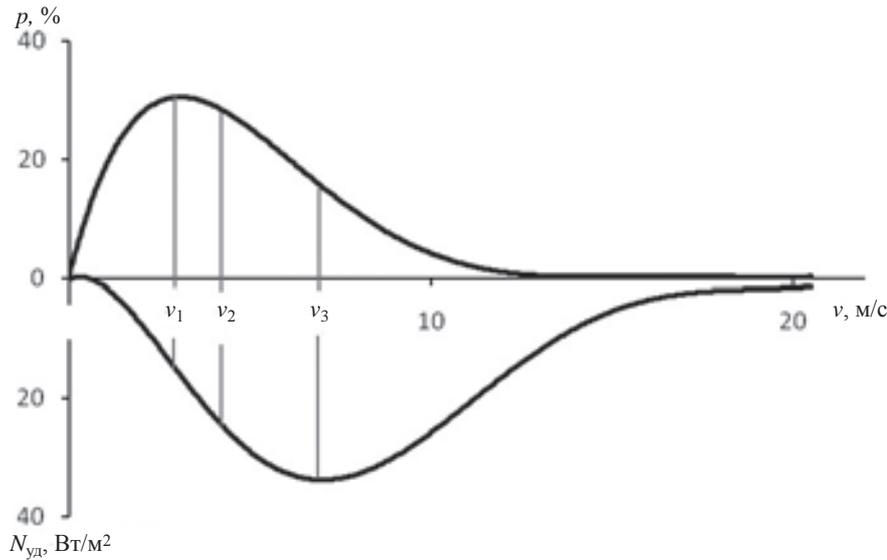
$$N_{уд} = 0,613 \cdot v_i^3 \cdot p_i \quad (0,613 = 0,5 \cdot 1,226),$$

где v_i – середина градации; p_i – повторяемость i -й градации.

Вследствие кубической зависимости удельной мощности ветрового потока от скорости ветра наибольший вклад в формирование ее среднего значения дают не наиболее часто наблюдаемые и даже не средние скорости, а превышающие их в 1,5–2 раза.

При взаимодействии ветра с ВЭУ, он будет совершать работу $A_{ветра}$ по вращении ветроколеса, тогда, согласно физическому смыслу кинетической энергии,

$$A_{ветра} = W. \quad (11)$$



Повторяемость скоростей ветра p и распределение годовой удельной мощности $N_{уд}$ на высоте 10 м в г. Ершов (Саратовская область): v_1 – наиболее часто наблюдаемая скорость (2,5 м/с); v_2 – средняя скорость ветра (5,0 м/с); v_3 – скорость, обеспечивающая наибольший вклад в годовую выработку энергии (8,5 м/с)

Если известна плотность распределения скорости ветра $f(v)$, то потенциальную среднюю удельную мощность ветрового потока можно оценить по формуле

$$N_{уд} = \frac{1}{2} \rho \int_0^{\infty} v^3 f(v) dv. \quad (12)$$

В качестве $f(v)$ в формуле (12) нами предлагается использовать установленный нами закон, т. е. формулу (1). Однако $P(v)$ в равенстве (1) является интегральной функцией распределения скоростей ветра, в то время как $f(v)$ – дифференциальная вероятность скоростей ветра. Можно показать, что произведя дифференцирование $F(v) = 1 - P(v)$ по v

$$F'(v) = e^{-\beta\left(\frac{v}{\bar{v}}\right)} \beta \gamma \bar{v}^{-\gamma} v^{\gamma-1}, \quad (13)$$

а затем, заменив в равенстве (12) $f(v) = F'(v)$, получим

$$N_{уд} = \frac{1}{2} \rho \int_0^{\infty} v^3 e^{-\beta\left(\frac{v}{\bar{v}}\right)} \beta \gamma \bar{v}^{-\gamma} v^{\gamma-1} dv. \quad (14)$$

Выполнив интегрирование выражения (14), получим окончательную формулу для расчёта удельной мощности ветрового потока, основанную на параметрах β и γ обобщенного закона распределения, разработанного нами с учетом рекомендаций [25], в виде

$$N_{уд} = \frac{1}{2} \rho \beta^{\frac{3}{\gamma}} \bar{v}^3 \Gamma\left(\frac{3}{\gamma} + 1\right), \quad (15)$$

где Γ – гамма-функция [при расчетах используется свойство $\Gamma(x) = (x - 1) \Gamma(x - 1)$];

\bar{v} – средняя скорость ветра. При известных параметрах $\beta = 0,88$ и $\gamma = 1,37$ для нахождения $N_{уд}$ на требуемой высоте необходимы только данные о средней скорости ветра на уровне оси ветроколеса. Используя значения параметров β и γ и значения гамма-функции от них, приведем формулу (15) к виду

$$N_{уд} = \frac{1}{2} \rho \cdot 3,176 \cdot \bar{v}^3. \quad (16)$$

Как следует из формулы (16), действительно, вблизи земной поверхности удельная мощность ветрового потока пропорциональна кубу средней скорости, но она в рассматриваемом регионе должна быть увеличена в 3,176 раз. При оценке ветроэнергетического потенциала на других уровнях приземного слоя атмосферы (оси ветроколеса) необходимо учитывать интенсивность изменения средней скорости ветра с высотой.

При использовании распределения Вейбулла формула (15) преобразуется к виду

$$N_{уд} = \frac{1}{2} \rho \beta^3 \Gamma\left(\frac{3}{\gamma} + 1\right). \quad (17)$$

Здесь β и γ – параметры распределения Вейбулла.

Библиографический список

1. Абдрахманов Р. С., Переведенцев Ю. П. Возобновляемые источники энергии. Казань, 1992. 134 с.
2. Борисенко М. М., Соколова С. Н., Корнюшин О. Г. Исследование климатических характеристик ветроэнергетических ресурсов // Гидрометеорология и метеорология : обзорная информация. ВНИИГМИ-МЦД. 1987. № 4. 50 с.



3. Дробышев А. Д., Пермяков Ю. А. Ветровая энергия и ее возможный вклад в ресурсосбережение и экологию Прикамья. Пермь, 1997. 122 с.
4. Заварина М. В. Расчетные скорости ветра на высотах нижнего слоя атмосферы. Л., 1971. 162 с.
5. Переведенцев Ю. П., Николаев А. А. Климатические ресурсы солнечной радиации и ветра на территории Среднего Поволжья и возможности их использования в энергетике. Казань, 2002. 122 с.
6. Пермяков Ю. А., Булычева О. А. О некоторых аспектах составления ветрового кадастра Прикамья : межвуз. сб. науч. тр. Пермь, 1992. С. 50–56.
7. Подтягин М. Е. Кривые распределения ветров // Энергетические ресурсы СССР : в 3 т. М., 1938. Т. 2. С. 339–346.
8. Борисенко М. М., Гобарова Е. О., Жильцова Е. Л. Оценка ветроэнергетических ресурсов на территории России // Тр. ГГО. 2008. Вып. 557. С. 53–66.
9. Борисенко М. М., Гобарова Е. О., Жильцова Е. Л. Исследование климатических ресурсов энергии ветра в нижнем 200-метровом слое атмосферы над территорией Ленинградской области // Тр. ГГО. 2010. Вып. 561. С. 104–114.
10. Ляхтер В. М. Ветровые электростанции большой мощности : обзорная информация // Энергетика и электрофикация. 1987. № 1. С. 31–72.
11. Шефтер Я. И. Использование энергии ветра. М., 1975. 177 с.
12. Adell L., Zubiaur R., Martin F., Perrando F., Moreno P., Varona L., Pontofa A. Development of a methodology for the estimation of wind energy resources in relatively large areas // Sol. Energy. 1987. Vol. 38, № 4. P. 281–295.
13. Baker R. W., Henson E. W. Wind power potential in the Pacific Northwest // J. Appl. Meteorol. 1978. Vol. 17, № 12. P. 1814–1826.
14. Drugan L. M., Goldrelch Y., Maximob Z. Wind energy

- survey in the Neger (Israel) // Appl. Geogr. 1986. Vol. 6, № 3. P. 241–254.
15. Essenwanger O. Probleme der Windstatistik // Meteorologische Rundschau, 1959. 2 März–Apr.
16. Golding E. W., Harris R. I. The generation of electricity by wind power. N. Y., 1977. 332 p.
17. Проведение изыскательских работ по оценке ветроэнергетических ресурсов для обоснования схем размещения и проектирования ветроэнергетических установок : метод. указания : руководящий документ. М., 1991. 57 с.
18. Рекомендации по определению климатических характеристик ветроэнергетических ресурсов. Л., 1989. 80 с.
19. Руководство по специализированному климатологическому обслуживанию экономики / под ред. д-ра геогр. наук, проф. Н. В. Кобышевой. СПб., 2008. 336 с.
20. Рыхлов А. Б. Климато-информационная модель режима скоростей ветра на высотах приземного слоя атмосферы над ЕЧР для решения ветроэнергетических задач // Экология : синтез естественно-научного, технического и гуманитарного знания : всерос. науч.-практ. конф. Саратов, 2010. С. 402–404.
21. Рыхлов А. Б. Разработка принципов совмещения и обобщения законов распределения скоростей ветра на ЮВ ЕТР // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. 2010. Т. 10. Сер. Науки о Земле, вып. 2. С. 37–44.
22. Рыхлов А. Б. Закономерности изменения средней скорости ветра с высотой в приземном слое атмосферы на ЮВ ЕТР для решения задач ветроэнергетики // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. 2010. Т. 10. Сер. Науки о Земле, вып. 2. С. 37–44.
23. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Л., 1988. Сер. 3. Вып. 12–13.
24. Справочник по климату СССР : в 5 ч. Ч. 3. Л., 1967. Вып. 12–13.
25. Милевский В. Ю. Методика исследования скоростных роз и скоростных роз диаграмм ветра // Тр. ГГО. 1960. Вып. 113. С. 57–70.

УДК [502.3:631.416.8] (470.44 – 25)

ДИНАМИКА ТЕХНОГЕННЫХ СНЕГОГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ НА ТЕРРИТОРИИ г. САРАТОВА ЗА 1992–2010 годы

В. З. Макаров, М. В. Решетников¹,
О. В. Суровцева, А. Н. Чумаченко¹

Саратовский государственный университет
E-mail: geogr@sgu.ru, rmv85@list.ru, chumach1313@rambler.ru

В статье рассмотрены результаты снегогеохимической съёмки территории г. Саратова в 1992, 1994, 1997 гг. и в начале 2000-х гг., выполненной сотрудниками географического и геологического факультетов СГУ. Выявлено существенное уменьшение площади загрязнения снежного покрова выбросами промпредприятий в начале 2000-х гг. по сравнению с 90 годами прошлого века. Обнаружено резкое возрастание загрязнения снега вдоль транспортных магистралей и вокруг крупных действующих предприятий.

Ключевые слова: техногенные геохимические аномалии, снегогеохимическая съёмка, г. Саратов, геохимический мониторинг городской территории.



Dynamic of Snow-Geochemical Anomalies in the Saratov City Territory (over a Period of 1992–2010)

V. Z. Makarov, M. V. Reshetnikov, O. V. Surovtseva,
A. N. Chumachenko

The article shows results of snow-geochemical survey in Saratov city territory in 1992, 1994, 1997 and at the beginning of 2000th, that was made by the staff of geographical and geological faculties of Saratov State University. The research revealed essential area decrease of snow cover pollution of industrial emission at the beginning of 2000th as compared with 1990th. Abrupt snow pollution increase along the transport mains and around the large working enterprises.

Key words: anthropogenic geochemical anomalies, snow-geochemical survey, Saratov, geochemical monitoring of urban territory.



Постановка проблемы

В современной градозоологии ландшафтно-геохимические исследования составляют одну из главных составляющих при комплексном изучении геоэкологической обстановки в крупном промышленном городе. Данные исследования в лабораториях географического факультета СГУ выполняются в рамках концепции урбогенеза, рассмотренной в работах В. З. Макарова с соавт. [1, 2].

Исследование урбогенеза как процесса и результата качественного изменения природных геосистем и превращения их в урбогеосистемы предполагает изучение техногенных ореолов рассеивания технофильных элементов, в частности тяжелых металлов в разных средах: приземном слое воздуха, воде, почвах и грунтах, растениях и снеге.

Снег, как планшет-накопитель выпадений из атмосферы, является своеобразным индикатором загрязненности воздушного бассейна города в холодный период.

Выполненные на территории Саратова неоднократные снегогеохимические съемки подтвердили высокий уровень техногенной концентрации химических элементов, превращающий городскую территорию в единый геохимический ореол рассеяния.

Вместе с тем обнаружилась довольно стабильная локализация снегогеохимических аномалий в разных административных районах и урбандшафтных местностях городской территории.

Данная статья посвящена анализу изменения местоположения снегогеохимических аномалий по разным химическим элементам и их сумме за последние 18 лет.

Фактический материал

Анализ динамики снегогеохимических техногенных аномалий основан на результатах снегогеохимических съемок, выполненных в 1992, 1994 гг. в лаборатории урбоэкологии и регионального анализа СГУ под руководством В. З. Макарова [3–5], и результатах работ 1997 г., осуществленных сотрудниками лаборатории геоэкологии СГУ под руководством Э. А. Молоствовского [6, 7]. Эти исследования проводились в рамках городской программы ЭМ_оС, в которой участвовали авторы данной статьи. Снегогеохимические результаты 90-х гг. прошлого века стали первым фактологическим компонентом выполненного анализа. Второй компонент – итоги снегогеохимических съемок в начале 2000-х гг., полученные сотрудниками лаборатории геоэкологии и студентами геологического факультета СГУ. Работы осуществлялись под руководством Э. А. Молоствовского и М. В. Решетникова в 2005, 2006, 2008, 2009, 2010 гг. [8–12]. Сравнительный анализ выявленных снегогеохимических аномалий и их локализаций, составляет, как уже отмечалось, главное содержание данного сообщения.

Результаты и их обсуждение

1. Анализ снегогеохимических съемок территории г. Саратова, выполненных в 90-е гг. прошлого столетия.

Три снеговые съемки и лишеноиндикационные исследования территории Саратова в 1992, 1994 и 1997 гг. показали (с небольшими вариациями, обусловленными климатическими особенностями конкретного года и значительным спадом промышленного производства) следующее:

1) вся территория Саратова, независимо от функционального использования отдельных его участков, представляет собой обширное техногенное геохимическое поле, в целом с повышенной, высокой и очень высокой (по отношению к сельской местности) концентрацией тяжелых металлов в снеге.

2) локализация аномалий тяжелых металлов в снеге в пределах городской застройки в общем стабильна, хотя может территориально «плавать» и меняться в размерах;

3) по результатам первой геохимической съемки снегового покрова обнаружены факты наиболее высокого техногенного давления на единицу площади и в расчете на одного человека в Северной субкотловине (Фрунзенский, Октябрьский, Кировский, Волжский районы старого города).

Плотность техногенных выпадений в старом городе выше, чем в промышленных зонах, причем данное обстоятельство характерно и для нерастворимых, и для растворимых форм тяжелых металлов. Это свидетельствует о динамичных процессах перераспределения загрязняющих веществ в атмосфере от промышленных районов в центральные. В наиболее опасном положении оказались Фрунзенский и Октябрьский районы, а также часть Кировского района, расположенные в наименее проветриваемой и плотно застроенной Северной субкотловине. В процессе последующих исследований снегового покрова в 1994 и 1997 гг. указанная ситуация подтвердилась;

4) на втором месте по уровню загрязнения снега тяжелыми металлами оказалась Центральная субкотловина, включающая промышленный узел металлообрабатывающих предприятий, аккумуляторного производства, предприятий деревообработки, ТЭЦ, расположенных на севере Заводского района.

В 1992 г., когда спад производства не был столь ощутимым, как в конце 90-х гг., в пределах городской застройки были выявлены аномальные участки загрязнения снега тяжелыми металлами, которые можно отнести к зонам экологического риска. Укажем эти участки.

В пределах *Заводского района* обнаружено пять наиболее «грязных» участков общей площадью в 41,5 км² (45% общей площади района).

Первый участок расположен к северо-западу от пос. Юриш и охватывает территорию между



берегом Волги и железной дорогой. Это территория Центральной субкотловины, насыщенная крупными предприятиями. В зону экологического риска на данном участке попадают пос. Юриш и разноэтажная застройка вокруг пл. Орджоникидзе.

Второй участок обнаружен в районе с. Березина Речка, в долине одноименной реки.

Третий участок составляет более половины загрязненной площади (23,5 км²). Он включает жилые массивы поселков Нового Южного, Аварийного, Увека Нового, Нефтяного. Территория геохимической аномалии лежит в Южной субкотловине и попадает в зоны выбросов ТЭЦ-2, завода «Крекинг», ПО «Нитрон» и других предприятий.

Четвертый участок охватывает территорию, прилегающую к промзоне Саратовского подшипникового завода.

Пятый участок расположен на территории центральной усадьбы бывшего совхоза «Овощной».

В пределах Северной субкотловины в центральных районах города обнаружены следующие зоны локализации геохимических аномалий в снеге.

В Октябрьском районе выявлен загрязненный участок в районе ЦПКИО и к югу от него с выходом к Волге.

В Волжском районе обнаружено два участка экологического риска. Первый участок отмечен на пересечении улиц Большой Горной и Радищева (на севере), улиц М. Горького и Киселева и улиц Чернышевского и Радищева (на западе), Набережная Космонавтов (на юге) и ул. Октябрьской (на востоке). Второй участок охватывает Соколовую гору, ограничиваясь с юго-запада ул. Соколовой.

В Кировском и Фрунзенском районах выявлен загрязненный участок, который протягивается от Детского парка, через промзону завода «Серп и молот», район железнодорожного вокзала, вверх по Соколовскому массиву до промзоны ПО «Корпус».

На Елшанско-Гусельской равнине обнаружен загрязненный участок в бассейне р. 1-й Гуселки в пос. Мирном (Кировского района).

Остальные 5 участков расположены в Ленинском районе.

Первый участок загрязнения обнаружен в поселке завода «Техстекло», пос. Ленинская слободка, жилых массивах, прилегающих к просп. Строителей, к железной дороге и уступу Лысогорского плато по направлению 4–6-я Дачные.

Второй участок охватывает пос. Северный и территорию от 3-го Дачного на севере до 2-го Дачного поселка на юге, включая и поселок Института зернового хозяйства Юго-Востока.

Третий участок охватывает территорию поселков Елшанка и Нефтяники.

Четвертый участок располагается на севере района вплоть до поселков 8-го Дачного и Большой Поливановки.

Пятый участок обнаружен от пос. Малой Поливановки до пос. 10-го Дачного.

Как видим, значительная часть Ленинского района (примерно 40%) имеет загрязненный солями тяжелых металлов снеговой покров. Таковы результаты геохимического опробования снега в 1992 г., когда промышленность еще интенсивно работала.

Последующие исследования снега в 1994 и 1997 гг. в целом подтвердили и дополнили выявленную в 1992 г. картину техногенного геохимического поля. Так, по данным исследований, в 1994 г. еще раз подтвердился факт максимальной аэротехногенной нагрузки водно-растворимыми формами тяжелых металлов в Северной и Центральной субкотловинах. Выявлен факт загрязнения снегового покрова лесопарковой зоны на Лысогорском плато. Обнаружены обширные аномальные геохимические поля в зоне действия ТЭЦ-5 на сельскохозяйственных землях бывшего совхоза «Ленинский путь», наконец, выявился барьерный эффект Лысогорского плато, на склонах и уступе которого выпадают пылевые выбросы промышленных предприятий Южной промзоны. Кроме того, обнаружено, **что катастрофически загрязнены территории вокруг заводов ОАО «Автономных источников тока» и АООТ «Электроисточник», а также ряда других предприятий.** В целом на основании снеговых съемок в городе выявлено **16 геохимических аномалий повышенных концентраций тяжелых металлов в снеге.** Загрязненной оказалась городская территория в 105 км², или 30% общей площади города.

Анализ загрязнения снегового покрова по административным районам выявил следующее:

Центральная и Южная субкотловины (Заводской район): максимальную для города концентрацию анионов хлора;

Елшанско-Гусельская равнина (Ленинский район): максимальную концентрацию нитратов и фтора;

Северная субкотловина, Гусельский подрайон (Кировский район): максимальную концентрацию нитритов;

Северная субкотловина (Октябрьский район): максимальную концентрацию взвешенных веществ, по сумме калия и натрия, максимальное значение показателя кислотности – щелочности;

Северная субкотловина (Фрунзенский район): максимальную концентрацию кальция, железа, аммиака, уголекислоты и максимальное значение жесткости;

Северная субкотловина, восточная часть Гусельской равнины (Волжский район): максимальную концентрацию сульфат-иона.

Кроме того, в результате проведенных исследований были получены данные о распределении в пределах городской территории подвижных и нерастворимых форм ряда тяжелых металлов, являющихся наиболее токсичными загрязнителями окружающей среды и имеющих прямую корреляционную связь со всеми другими токсикантами.



Подвижные формы определялись для ртути, кадмия, мышьяка, хрома, свинца, никеля, кобальта и цинка.

Обнаружено, что *центральные районы города по концентрации целого ряда тяжелых металлов опережают промышленные районы, в частности это касается Октябрьского района – по свинцу, Кировского и Волжского районов – по хрому, Октябрьского района – по никелю и Фрунзенского района – по ртути.*

2. Анализ снегогеохимических анамалий, обнаруженных во время снеговых съемок в начале 2000-х годов.

Оценка загрязнения снегового покрова в начале 2000-х гг. осуществлялось выборочно, в пределах так называемых модельных полигонов и на отдельных ключевых участках [9]. Результаты анализа структуры и площади загрязнений снежного покрова выполнены руководителем лаборатории геоэкологии геологического факультета СГУ М. В. Решетниковым совместно с сотруди-

ками и студентами [10–12] и В. З. Макаровым с соавторами [12].

Загрязненность снежного покрова соединениями анионной группы

Водородный показатель (рН). Водородный показатель талой воды снегового покрова измерялся при проведении всех снегомерных съемок. На территории полигона в отобранных пробах рН варьирует от 6,6 до 7,7 (2005/06 гг.), от 5,1 до 7 (2007/08 гг.) и от 6,3 до 8,1 (2008/09 гг.). Для фоновых проб характерен рН = 6,1 (2005/06 гг.), 6,3 (2007/08 гг.) и 6,2 (2008/09 гг.). При обследовании 1997 г. фоновое значение рН было на уровне 5,8 [5]. Сравнение результатов рН фоновых и городских проб свидетельствует о более щелочном характере снегового покрова на исследуемой территории, что подтверждает данные, полученные В. З. Макаровым в середине 90-х гг. XX века [1]. Из анализа графиков распределения рН разных лет можно сделать вывод о некотором увеличении значений водородного показателя в зимний период 2008/2009 гг. (рис. 1)

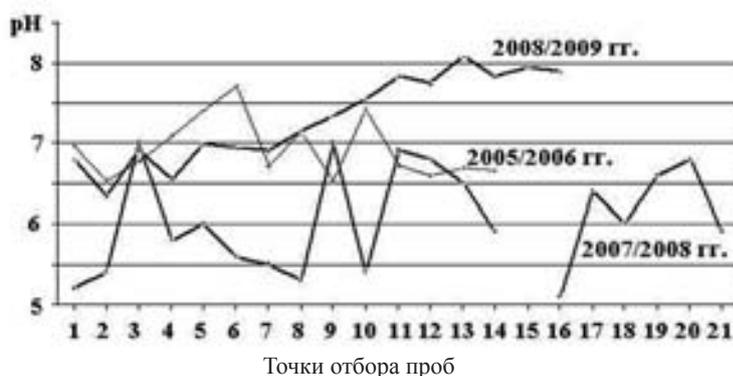


Рис. 1. График значений рН талой воды в точках отбора снеговых проб в разные годы исследования [11]

В 2010 г. водородный показатель варьировал в пределах от 5,8 до 7,1 единицы. Согласно СанПиН 2.1.4.1074-01 предельно допустимые значения водородного показателя могут изменяться от 6 до 9 единиц, что в общем указывает на соответствие талых вод нормативным требованиям.

Азот аммония (NH_4^+) (данные 2009 г.). Ионы аммония определялись только в зимний период 2007/08 гг. и были обнаружены во всех анализируемых пробах. Концентрация азота аммония колеблется от 0,01 до 3,61 мг/л и в среднем для исследуемого участка составляет 1,1 мг/л.

Согласно СанПиН 2.1.4.1074-01 предельно допустимая концентрация (ПДК) содержания азота аммония в водах рыбных хозяйств составляет 0,5 мг/л. Только в 6 из 20 проб значение ПДК не превышено (точки отбора 2, 6, 9, 14 и 19). Во всех остальных пробах зарегистрировано превышение ПДК от 1,2 до 7,2 раза. Наибольшая концентрация азота аммония зафиксирована во дворе жилого дома, расположенного на пере-

крестке ул. Кутякова и Б. Садовая. Большинство проб с повышенным содержанием азота аммония пространственно приурочено к железнодорожным путям ст. Саратов-I.

Важно отметить, что токсичность азота аммония возрастает с повышением рН среды, а по данным определения рН на исследуемой территории идет именно увеличение кислотно-щелочного потенциала.

Нитраты (NO_3^-) (данные 2010 г.)

Фоновое значение – 0,03 мг/л. Нитраты определялись в 26 пробах. На городской территории концентрация поллютанта варьирует в пределах 0,4–3 мг/л.

Нитриты (NO_2^-) данные 2006 и 2008 гг.

Нитриты определялись в два зимних сезона и были обнаружены практически во всех исследуемых пробах в концентрации от 0,06 до 0,44 мг/л (2005/2006 гг.) и от 0,1 до 0,7 мг/л (2007/08 гг.). Наблюдается рост содержания нитритов во всех исследуемых точках отбора. Наибольшая кон-

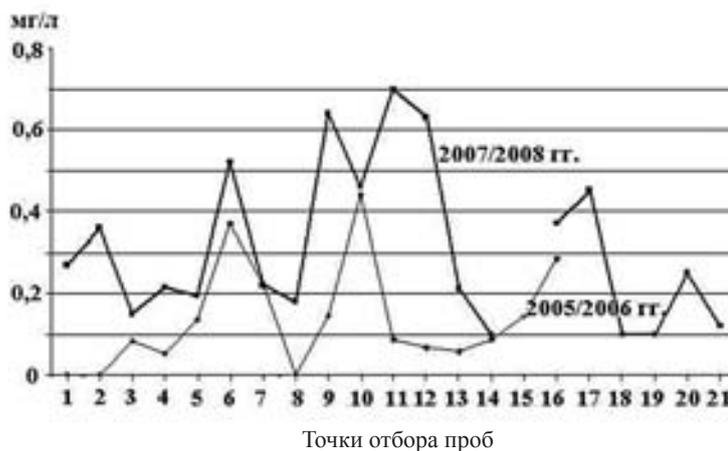


Рис. 2. График распределения ионов аммония в точках отбора снеговых проб в разные годы исследования [11]

центрация нитритов (по последним данным) зарегистрирована в точках отбора № 9 и № 12. Превышение над фоновыми значениями (0,03 мг/л) составляет от 2 до 23 раз, но ни в одной пробе не зафиксированы значения, превышающие ПДК (согласно СанПиН 2.1.4.1074-01, предельно допустимая концентрация содержания нитритов в водах рыбных хозяйств составляет 3,0 мг/л).

Хлориды (Cl⁻) (данные 2008, 2009 и 2010 гг.)

Концентрация хлоридов в исследуемых пробах изменяется в широком диапазоне от 3,5 до 177 мг/л (2007/08 гг.) и от 10,7 до 213 мг/л (2008/09 гг.). Фоновое значение составляет приблизительно 8,1 мг/л, соответственно наблюдается превышение над фоном в 22 (в 2007/08 гг.) и 26 раз (в 2008/09 гг.). Анализ результатов позволяет сделать вывод о возрастании концентрации хлоридов в пробах 2008/2009 гг. по сравнению с предыдущим годом отбора снеговых проб в 1,5–6 раз, достигая 30-кратного превышения в точке отбора № 1 (между корпусами 6 и 7 СГУ) и 46-кратного превышения в точке отбора № 4 на Привокзальной площади.

В 2010 г. фоновое значение составило 3,91 мг/л, при ПДК 300 мг/л. Соединения хлоридов определялись в 26 пробах. На городской территории концентрация элемента составляет 3,26–852 мг/л. По результатам съемки выявлено шесть точечных аномалий:

- в районе предприятия САКОЗА по ул. Орджоникидзе с $K_c=217,9$ и превышением ПДК в 2,4 раза;

- на ул. Чернышевского у памятника защитникам саратовского неба, через дорогу – метизный завод с $K_c=17,4$;

- на перекрестке ул. Пензенская и ул. Томская у забора завода САЗ с $K_c=10,8$;

- в городском ПКЮ у выхода на ул. Чернышевского с $K_c=8,1$;

- на пересечении ул. Чернышевского и Мельничного проезда у д. № 44 по ул. Чернышевского с $K_c=6,4$ мг/л;

- на территории д/с № 22 по ул. Орджоникидзе, 11 с $K_c=5,4$ мг/л.

Сульфаты (SO₄⁻) (данные 2008, 2009 и 2010 гг.)

Сульфаты задокументированы в 18 пробах из 20, отобранных в зимний период 2007/08 гг. Их концентрация колеблется от 2,3 до 22,7 мг/л, при средних значениях 5,8 мг/л. В сезон 2008/09 гг. сульфаты были обнаружены во всех 16 отобранных пробах, их концентрация изменялась от 8,0 до 60,0 мг/л, при средних значениях 29,6 мг/л. Несомненно, отмечается существенный рост концентрации сульфатов во всех точках отбора снеговых проб 2008/09 гг. по сравнению с 2007/08 гг. (рис. 3). Наибольшая концентрация зафиксирована в пробах № 12 и № 16 в 2007/08 гг. и в пробах № 1, 5, 10 и 13 в 2008/09 гг.

Фоновое содержание сульфатов составляет 5,14 мг/л, соответственно максимальное превышение фона по сезонам – 4,4 (2007/08 гг.) и 11,6 (2008/09 гг.) раза. Согласно СанПиН 2.1.4.1074-01 предельно допустимая концентрация содержания сульфатов в водах рыбных хозяйств составляет 100 мг/л. Концентрация сульфатов на исследуемом полигоне не превышает установленных нормативных показателей.

Фоновое значение содержания сульфатов в 2010 г. немного увеличилось по сравнению с предыдущими годами и составило 6,38 мг/л. Сульфаты определялись в 26 пробах. На городской территории зафиксированы значения от 2,25 до 95 мг/л. По результатам опробования задокументированы две локальные аномалии:

- на пересечении набережной Космонавтов и ул. Октябрьская с $K_c=16,5$ и превышением ПДК в 31,6 раза;

- в районе предприятия САКОЗА по ул. Орджоникидзе с $K_c=8,5$ и превышением ПДК в 16,3 раза.

Загрязненность снежного покрова водорастворимыми формами тяжелых металлов

Медь

Фоновая концентрация 0,0026 мг/л. Содержание меди анализировалось в 26 пробах. На



Рис. 3. График значений содержания сульфатов (мг/л) в снеговых пробах в разные годы исследования [11]

городской территории концентрация элемента варьирует в пределах 0,0003–11,101 мг/л. ПДК содержания меди в воде составляет 0,001. Соответственно на исследуемой территории превышение над ПДК изменяется в широком диапазоне от 0,3 до 11 000 ПДК.

Как видно, ураганная концентрация меди приурочена к зоне влияния авиационного завода, точнее, к его южной проходной.

Что касается превышения ПДК меди в талой воде полигона «Центр» в 2010 г., то полученные результаты свидетельствуют о следующем: вся опробованная территория представляет собой общее геохимическое поле, в пределах которого превышение над ПДК достигает нескольких тысяч значений.

Свинец

Фоновая концентрация 0,016 мг/л. Соединения свинца определялись в 26 пробах. Концентрация металла в талой воде составляет 0,0622–8,5988 мг/л. ПДК свинца составляет 0,1 мг/л. Соответственно коэффициент опасности на исследуемой территории изменяется в пределах от 0,6 до 85 [12]. В пределах полигона «Заводской» наибольшее значение коэффициента опасности приурочено к точке опробования № 22, которая расположена в пределах селитебной зоны, в непосредственной близости от гаражей и поэтому может иметь бытовое происхождение.

По распространению соединений свинца в талой воде территория полигона «Центр» представляет собой единое геохимическое пространство, в пределах которого превышены ПДК. Максимальные значения коэффициента опасности приурочены к точкам № 26 и № 36, располагающихся в непосредственной близости от улиц с интенсивным автомобильным движением.

Кадмий

Фоновая концентрация 0,000083 мг/л. Концентрация кадмия определялась в 26 пробах. На городской территории зафиксированы значения от 0,36 до 19,11 мг/л [12]. Наибольшие значения коэффициента опасности приурочены к южной оконечности Саратовского авиационного завода, точки опробования № 10 и № 12.

В пределах полигона «Центр» наиболее опасные участки приурочены к точкам опробования № 26, 35, 36 и 37, в них значения коэффициента опасности составляют более 1000 единиц.

Выводы

Сравнение результатов снегеохимических съемок за разные годы на территории г. Саратова позволяет сделать определенные выводы:

1. Площадь и состав загрязнения анионными формами и тяжелыми металлами в 90-е гг. XX в. была существенно больше (до 30% площади города) и разнообразнее.
2. После резкого падения промышленного производства и уменьшения выбросов из высоких вентиляционных труб промпредприятий ареалы геохимических аномалий существенно сократились по площади и количеству.
3. Основными зонами загрязнения ныне являются территории вокруг крупных действующих промышленных предприятий и автомобильных дорог с интенсивным движением транспорта.
4. Концентрация загрязнений вблизи названных объектов многократно превышает фоновые значения и не меньше, чем в 90-е гг. и их локализация мало изменилась.

Библиографический список

1. Макаров В. З. Ландшафтно-экологический анализ крупного промышленного города / под ред. Ю. П. Селивёрстова. Саратов, 2001. 176 с.
2. Макаров В. З., Тарасова Л. Г., Чумаченко А. Н., Баикатов А. Н., Фёдоров А. В. Историческая градэкология: концептуальная основа, методология и практическая реализация на примере города Саратова // Изв. Саратов. ун-та. Новая сер. Саратов, 2001. Т. 1, вып. 1. С. 89–101.
3. Макаров В. З., Пестряков А. К., Бобров Г. С., Волков С. А., Афанасьев С. Ю., Пичугина Н. В., Пролэткин И. В., Салмов И. Д., Самкова Т. В., Суворцева О. В., Чумаченко А. Н. Ландшафтно-экологические, микроклиматические и градостроительные исследования территории Заводского района г. Саратова: отчет о НИР / Комитет по экологии и природным ресурсам г. Саратова. Саратов, 1992. 75 с. Инв. № 92/08.



4. Макаров В. З., Афанасьев С. Ю., Баранов В. А., Бобров Г. С., Волков С. А., Пичугина Н. В., Пролёткин И. В., Салмов И. Д., Самкова Т. В., Суворцева О. В., Чумаченко А. Н. Комплексные экологические исследования и мониторинг загрязнения почв и снежного покрова г. Саратова (по программе ЭМОС) : отчет о НИР / Комитет по экологии и природным ресурсам г. Саратова. Саратов, 1993. 187 с. Инв. № 93/14.
5. Макаров В. З., Пролёткин И. В., Чумаченко А. Н., Фёдоров А. В., Салмов И. Д., Афанасьев С. Ю. Проведение снегомерной съемки и опробование снежного покрова территории г. Саратова : отчет о НИР / Комитет по экологии и природным ресурсам г. Саратова. Саратов, 1994. 123 с. Инв. № 94/7.
6. Доклад о состоянии окружающей природной среды г. Саратова в 1992–1993 гг. / С. А. Артемьев, В. Н. Ерёмин, В. А. Кононов, Б. А. Колодочка, В. З. Макаров, И. В. Пролёткин. Саратов, 1994. 149 с.
7. Молоствовский Э. А., Кононов В. А., Артемьев С. А., Ерёмин В. Н., Фролов И. Ю., Абакишин О. В. Опробование снегового покрова и аналитический контроль геохимических проб на территории г. Саратова : отчет о НИР / Комитет по экологии и природным ресурсам г. Саратова. Саратов, 1997. 162 с. Инв. № 97/45.
8. Фролов И. Ю. Пылевое загрязнение территории г. Саратова по результатам снегомерной съемки 1997 года //

Проблемы геоэкологии Саратова и области. Саратов, 1998. Вып. 2. 96 с.

9. Макаров В. З., Молоствовский Э. А., Новаковский Б. А., Суворцева О. В., Чумаченко А. Н. Структура и динамика техногенных геохимических полей на территории Саратова // Изв. Сарат. ун-та. Новая серия. 2009. Т. 9. Сер. Науки о Земле, вып. 2. С. 3–13.
10. Решетников М. В. Результаты снеговой съёмки 2005 г. на территории Октябрьского и Фрунзенского районов г. Саратова // Геологи XXI : материалы VII Всерос. науч. конф. студ., асп. и молодых спец. / под ред. Е. Н. Волковой. Саратов, 2006. С. 138.
11. Решетников М. В., Гребенюк Л. В., Смирнова Т. Д. Результаты геохимической снеговой съёмки локального участка территории г. Саратова // Изв. Сарат. ун-та. Новая Серия. 2010. Т. 10. Сер. Науки о Земле, вып. 1. С. 74–80.
12. Макаров В. З., Чумаченко А. Н., Иванов А. В., Решетников М. В., Суворцева О. В. Методологические, информационные и организационные основы комплексного геоэкологического мониторинга крупного промышленного города как одно из условий устойчивого развития сложных природно-техногенных систем : отчёт о НИР / Комитет по экологии и природным ресурсам г. Саратова. Саратов, 2010. 130 с. Инв. № 26.

УДК 551.5:629.73

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРЫ И ИХ ВЛИЯНИЯ НА ПОЛЕТ САМОЛЕТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

С. Н. Лапина, И. А. Орлова

Саратовский государственный университет
E-mail: kafmete@sgu.ru

На эшелонах полета в верхней тропосфере и нижней стратосфере резко меняется температура воздуха, которая влияет на скорость полета, расход топлива и высоту потолка самолета. В статье приведены расчеты указанных летно-технических характеристик в зависимости от температуры по трассам полета при пересечении высотных циклонов и антициклонов.

Ключевые слова: температура, скорость полета, расход топлива, совмещенные карты погоды, ГИС-Метео.

Estimation of Atmospheric Parameters and their Effects on Aircraft Flight using GIS-Technology

S. N. Lapina, I. A. Orlova

At echelons of airplane lying in the upper troposphere and low stratosphere, air temperature varies sharply, which affects the speed of airplane, fuel consumption and height of the airplane ceiling. The paper presents calculations of these characteristics of the aircraft depending on the temperature on the routes crossing of cyclones and anticyclones.

Key words: temperature, speed of airplane, fuel consumption, combined weather map, GIS-Meteo.

Основной задачей авиационного метеослуживания является обеспечение безопасности, регулярности и экономичности полетов.



Параметры атмосферы влияют на многие летно-технические характеристики самолетов. На эшелонах полета в верхней тропосфере и нижней стратосфере при пересечении высотных циклонов и антициклонов резко меняется температура воздуха, которая влияет на скорость полета, расход топлива и высоту потолка самолета.

Распределение температуры по высотам в циклонах и антициклонах, так же как и высота тропопаузы, определяется различным характером вертикальных движений в них. Так, температура в антициклонах на всех уровнях в тропосфере выше, чем в циклонах, а в стратосфере наоборот. Соответственно высота тропопаузы в циклонах на 1,5–2 км ниже, чем в антициклонах [1, 2]. Коэффициенты корреляции, рассчитанные между давлением и температурой на различных высотах в центрах барических образований, составляли от 0,73 до 0,86 [3].

Влияние температуры на летно-технические характеристики самолета во время полета проявляется непосредственно через плотность и скорость звука. Повышение температуры приводит к увеличению скорости горизонтального полета. На трассах большой протяженности воздушная скорость на эшелоне полета, обусловленная изменением температуры по маршруту, может достигать 40–50 км/ч и более [4, 5].



От температуры воздуха зависит сила тяги двигателя. При данном числе оборотов она уменьшается по мере повышения температуры на уровне полета, тем самым изменяется и расход топлива. В течение короткого времени сила тяги может уменьшаться (увеличиваться) на 5–10%. Через изменение силы тяги температура воздуха влияет на потолок самолета.

Наибольшее изменение температуры и соответственно летно-технических характеристик самолета происходит при пересечении различных барических образований, а также разнородных воздушных масс. Целью исследования было показать на конкретных примерах изменение скорости

самолета, расхода топлива и высоты потолка под влиянием температуры при полете в разных барических полях. Имея комплект синоптических карт, принятых по сети Интернет в режиме реального времени, были намечены условные маршруты полета самолетов ИЛ-62 (эшелон 300 гПа) и ТУ-244 (эшелон 200 гПа), проходящие через центры высоких циклонов и антициклонов или вблизи них. Всего было проанализировано 122 маршрута за 2009–2011 гг.

Синоптическая карта, созданная с помощью программы ГИС-Метео с наложением различных слоев информации за один и тот же срок представлена на рис. 1.

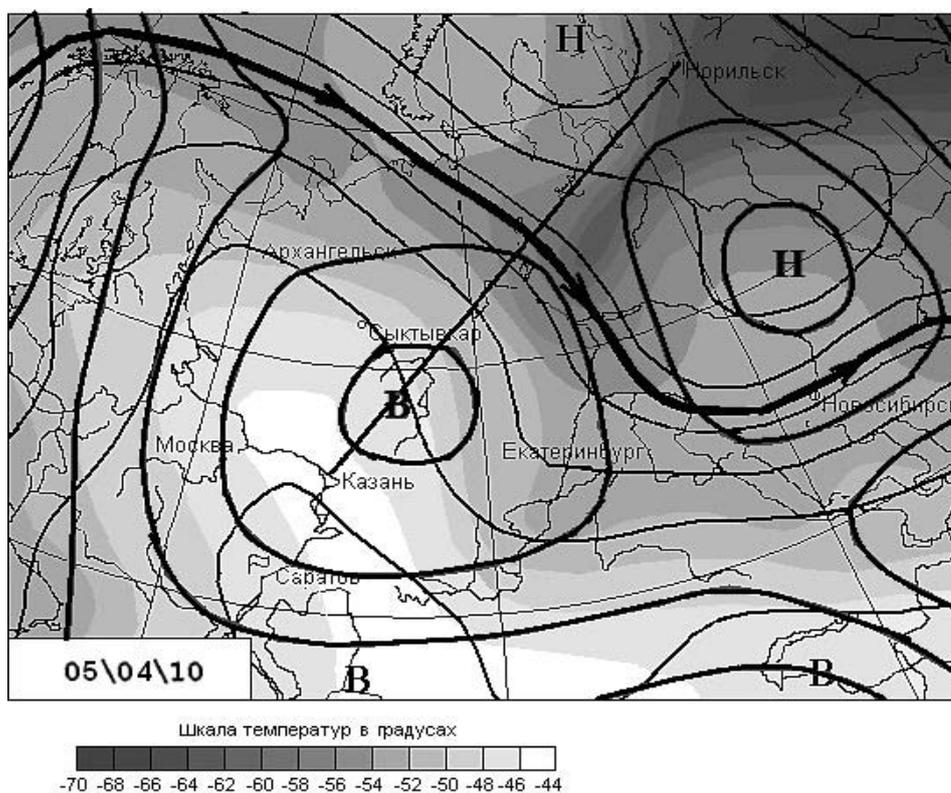


Рис. 1. Совмещенная карта приземного (линии средней толщины), высотного – 300 гПа (тонкие линии) барических полей, поля температуры на высоте стандартной атмосферы (СА) (градиентная заливка), ось струйного течения (жирная линия)

На маршруте полета Казань – Норильск располагается антициклон с центром южнее Сыктывкара и циклон с центром в районе Нижневартовска, прослеживаемые до уровня 300 гПа.

При пересечении этих барических систем на высоте полета резко меняется фон температуры. Отклонение температуры от стандартного ее значения ($-43,5^{\circ}\text{C}$) в антициклоне составляет $-0,5^{\circ}\text{C}$, отклонение в циклоне составляет $-20,5^{\circ}\text{C}$. Высота тропопаузы в пунктах, через которые проходит маршрут полета, менялась от 8 км в циклоническом поле до 11 км в антициклоническом поле.

Как известно, между высотными циклонами и антициклонами наблюдаются большой градиент

геопотенциала и связанная с ним зона струйного течения. На данном маршруте ось струйного течения проходит почти перпендикулярно маршруту полета, поэтому при пересечении его зоны самолет будет испытывать сильную болтанку, что осложнит его полет [6].

В работе было оценено наличие струйных течений при подобном сочетании барических полей. Они отмечались в 95% случаев, причем в зимний период они были более интенсивными, скорость их достигала 260 км/ч.

Результаты расчетов изменения летно-технических характеристик самолета ИЛ-62 при полетах по маршрутам на высоте 9000 м представлены в табл. 1 и 2.



Обращает на себя внимание разброс температуры и отклонение ее от СА в циклонах и антициклонах – от положительных до отрицательных значений. В основном преобладает отрицательное отклонение температуры от -4 до -18°C .

В целом разность температуры на маршрутах при пересечении циклонических и антициклонических полей составляла от 8 до 14°C .

Эти изменения температурного фона оказали влияние на воздушную скорость полета, которая соответственно менялась от 851 км/ч при полете в циклонах до 900 км/ч при полете в антициклонах. Менялся также расход топлива на величину до 245 кг/ч, разница в расчете потолка самолета при пересечении циклонов и антициклонов составляла 700 - 350 м.

Таблица 1

Летно-технические характеристики самолета при полете по маршрутам, пересекающим циклоны и антициклоны на эшелоне полета 300 гПа

Маршрут	Характеристики								
	Длина, км	Отклонение температуры от СА, $^{\circ}\text{C}$		Изменение температуры, $^{\circ}\text{C}$	Скорость самолета, км/ч		Изменение скорости, км/ч	Изменение расхода топлива, кг/ч	Изменение потолка самолета, м
		в Zn	в Az		в Zn	в Az			
Ленск – СПб	4380	-15	-5	10	857	877	20	192	500
Тура – Осло	4400	-18	-10	8	851	867	16	155	400
Диксон – Лиссабон	5570	-9	5	14	869	894	25	245	650
Верхоянск – Киев	5540	-18	-10	8	851	867	16	155	400
СПб – Дублин	2340	-6	4	10	875	892	17	169	450
Харьков – Диксон	3300	-6	8	14	873	900	27	263	700
Москва – Рим	2790	-4	3	7	879	892	14	131	350
СПб – Ханты-Мансийск	2430	-4	8	12	877	900	23	225	600
Екатеринбург – Диксон	2370	-6	5	11	875	896	21	207	550

Примечание. Здесь и далее: СА – стандартная атмосфера; Zn – циклон; Az – антициклон.

Таблица 2

Летно-технические характеристики самолета при полете по маршрутам в однородном барическом поле на эшелоне 300 гПа

Маршрут	Характеристика								
	Длина, км	Отклонение температуры от СА, $^{\circ}\text{C}$		Изменение температуры, $^{\circ}\text{C}$	Скорость самолета, км/ч		Изменение скорости, км/ч	Изменение расхода топлива, кг/ч	Изменение потолка самолета, м
		1	2		1	2			
Минск – Ханты-Мансийск	2600	-2,1	-1,3	0,8	882	883	1	15	40
Киев – Актюбинск	1875	-9,3	-8	1,3	868	870	2	25	65
Диксон – Иркутск	2640	-15	-14	1	852	850	2	19	50
Новая Земля – Самара	1950	-17,2	-18	0,8	853	851	2	16	40
Омск – Иркутск	2040	-13	-12	1	861	863	2	19	50

На маршрутах, проходящих в однородных барических полях, изменения температуры по трассам, даже ориентированным меридионально, не превышало $1,5^{\circ}\text{C}$. При таком небольшом колебании температуры по маршруту скорость изменялась не более чем на 2 км/ч, расход топлива – на 25 кг/ч и потолок самолета – на 65 м. Эти колебания летно-технических характеристик самолета можно считать незначительными.

В качестве примера изменения температуры при полетах в нижней стратосфере на эшелоне

200 гПа на рис. 2 представлена синоптическая карта, с наложением различных слоев информации за $13.07.2010$ г.

Как видим, на маршруте полета Санкт-Петербург – Новосибирск в районе Архангельска расположен центр антициклона, в районе Нижневартовска – центр циклона, которые прослеживаются до уровня 200 гПа. Отклонение температуры от стандартного значения ($-56,5^{\circ}\text{C}$) в антициклоне составляет $-3,5^{\circ}\text{C}$, а в циклоне $+14,5^{\circ}\text{C}$.



Ось струйного течения проходит перпендикулярно маршруту полета, поэтому в данном случае более целесообразно проложить маршрут через Самару или Актюбинск, минуя участки с резким

колебанием температуры и используя попутный ветер в зоне струйного течения, тем самым обеспечив безопасность полета и сократив его время и расход топлива.

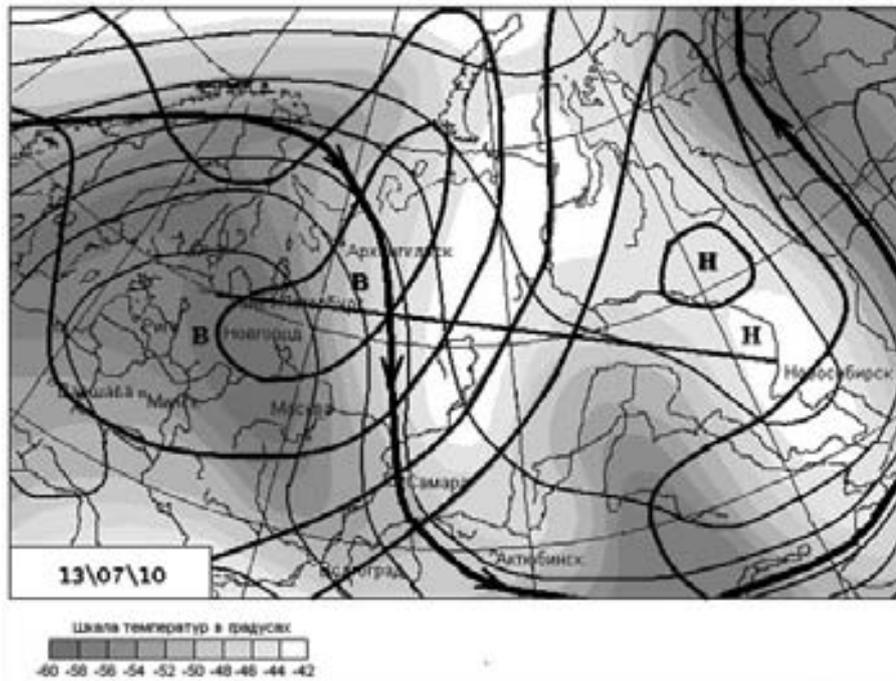


Рис. 2. Совмещенная карта приземного (линии средней толщины), высотного – 200 гПа (тонкие линии) барических полей, поля температуры на высоте (градиентная заливка), ось струйного течения (жирная линия)

Результаты расчета летно-технических характеристик самолета ТУ-244 на маршрутах, пересекающих высотные циклоны и антициклоны на одной высоте полета (1200 м) приведены в табл. 3. В антициклонах преобладали отрицательные отклонения температуры от СА, их величина составляла от -1 до -4°C , в циклонах же наблюдались положительные отклонения температуры от 10 до 19°C .

Разность температур на маршрутах при пересечении циклонических и антициклонических полей составляла от 14 до 20°C . Скорость полета соответственно менялась от 953 км/ч при полете в циклонах до 905 км/ч при полете в антициклонах. Менялся также расход топлива на величину до 479 кг/ч, разница в расчете потолка самолета при пересечении циклонов и антициклонов составляла 700–1000 м. В то же время изменение температуры по трассам, проходящим в однородных полях, даже ориентированным меридионально, не превышало $1,5^{\circ}\text{C}$. При таком небольшом колебании температуры по маршруту скорость изменялась на 3 км/ч, расход топлива – на 38 кг/ч и потолок самолета – на 75 м. Эти изменения летно-технических характеристик самолета при полетах на значительные расстояния считаются незначительными.

Если сопоставить значения рассчитанных характеристик (см. табл. 1 и 3) при полетах в верхней тропосфере (300 гПа) и нижней стратосфере (200 гПа), то необходимо обратить внимание на следующее. На одной и той же высоте полета при пересечении высотных циклонов и антициклонов как изменение температуры, так и связанные с ней скорость полета, расход топлива и высота потолка самолета на высоте 12 км в 1,5–2 раза и более по абсолютным величинам превышают их значения на высоте 9 км.

Например, на маршруте Москва – Рим на эшелоне полета 300 гПа изменение температуры составило 7°C , скорость полета изменялась на 14 км/ч, расход топлива – на 131 кг/ч, а высота потолка – на 350 м. При полета на эшелоне 200 гПа указанные характеристики соответственно изменялись на 16°C , 33 км/ч, 800 м. Такие соотношения наблюдались во всех рассмотренных случаях. Видимо, стратосфера является более чувствительной по сравнению с тропосферой и требует более внимательного ее изучения и исследования.

Таким образом, на конкретных примерах показано, что при пересечении циклонических и антициклонических полей на одной и той же высоте полета самолета в верхней тропосфере



Таблица 3

Летно-технические характеристики самолета при полете по маршрутам, пересекающим циклоны и антициклоны на эшелоне полета 200 гПа

Маршрут	Характеристики								
	Длина, км	Отклонение температуры от са, °С		Изменение температуры, °С	Скорость самолета, км/ч		Изменение скорости, км/ч	Изменение расхода топлива, кг/ч	Изменение потолка самолета, м
		В zn	В az		В zn	В az			
Лиссабон – Рим	1890	10	-4	14	934	905	29	340	700
Лондон – Афины	2370	15	-1	16	943	911	32	385	800
Санкт-Петербург – Рейкьявик	2170	17	-3	20	947	907	40	457	950
Москва – Актобинск	1425	16	-2	18	945	909	36	430	900
Москва – Эдинбург	2520	15	-1	16	943	911	32	385	800
Харьков – Диксон	3300	18	-2	20	949	909	40	479	1000
Москва – Рим	2790	13	-3	16	941	907	34	385	800
СПб – Ханты-Мансийск	2430	16	-3	19	945	907	38	457	950
Екатеринбург – Диксон	2370	19	-1	20	953	912	41	479	1000

и нижней стратосфере имеют место существенные колебания температуры. Эти колебания оказывают влияние на летно-технические характеристики самолетов. В связи с этим возрастает значимость предполетной консультации экипажей с подробным анализом синоптических процессов, которые проводятся по картам погоды с акцентом на изменение температуры на высоте полета при пересечении разных барических полей (особенно центров циклонов и антициклонов).

Использование наложения слоев различной информации на карты погоды, которое можно осуществить с помощью программы ГИС-Метео, дает возможность зрительно представить условия погоды на различных участках полета, что экономит время синоптика, проводящего консультацию, а командованию проложить наивыгоднейший маршрут, минуя участки с резкими колебаниями температуры и с учетом поля ветра, обеспечив безопасность и экономичность полета.

Библиографический список

1. Хромов С. П. Основы синоптической метеорологии. Л. : Гидрометеиздат, 1948. С. 379–421.
2. Курс метеорологии / под ред. П. Н. Тверского. Л. : Гидрометеиздат, 1951. С. 379–390.
3. Орлова И. А. Оценка параметров атмосферы в циклонах и антициклонах и их влияния на полет самолета // Научные исследования студентов Саратовского государственного университета : материалы итоговой студ. науч. конф. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2010. С. 25–27.
4. Руководство по прогнозированию метеорологических условий для авиации / под ред. К. Г. Абрамович, А. А. Васильева. Л. : Гидрометеиздат, 1985. С. 203–210.
5. Метеорологические условия полетов воздушных судов в верхней тропосфере и нижней стратосфере над территорией СССР / под ред. Н. З. Пинуса. М. : Гидрометеиздат. Моск. отд-ние, 1982. С. 40–43.
6. Богаткин О. Г. Авиационная метеорология для летчиков. СПб. : Изд-во РГГМУ, 2008. 239 с.



ГЕОЛОГИЯ

УДК 550.83

КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ НЕФТЕГАЗОПОИСКОВЫХ РАБОТ

Е. Н. Волкова

Саратовский государственный университет
E-mail: volkovaen@info.sgu.ru

В статье рассмотрена практика комплексирования методов на различных этапах нефтегазопроисковых работ, обоснована необходимость рационального комплексирования геофизических и геохимических методов с целью прямого прогнозирования нефтегазовых залежей, предложена модель совместной интерпретации полученных данных.

Ключевые слова: гравиразведка, магниторазведка, прямые поиски, геофизические и геохимические методы.

Complex Application of Geophysical Methods at Various Stages Oil and Gas Search Works

E. N. Volkova

In the article practice complex methods is considered at working off of regional geophysical profiles, the necessity rational complex geophysical and geochemical methods for the purpose of direct forecasting of oil and gas deposits is proved and the model of joint interpretation of the received data is offered.

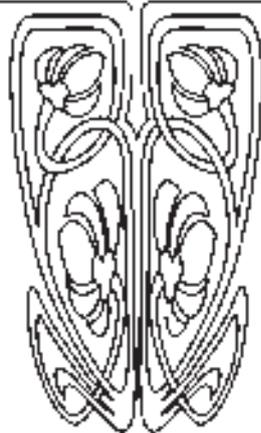
Key words: gravitational exploration, geomagnetic survey, direct searches, geophysical and geochemical methods.

Введение

Комплексное применение геофизических методов на различных стадиях геологоразведочного процесса давно уже стало повседневной практикой и не нуждается в каком-либо обосновании. В то же время в вопросах реализации идеи комплексирования на этапе полевых работ и в процессе интерпретации результатов наблюдений полной ясности нет. Об этом, в частности, свидетельствует дискуссия, развернувшаяся на страницах журнала «Геофизика» в конце 1990 – начале 2000-х гг. [1,2 и др.]. В числе прочих неясностей не определены роль и место геопотенциальных методов – гравиразведки и магниторазведки – при решении различных задач нефтегазовой геологии. Остаются вопросы и в оценке возможностей геофизического комплекса при прямом прогнозировании нефтегазовых залежей. Авторы предлагаемой статьи считают целесообразным рассматривать затронутую проблематику в соответствии с принципом стадийности, поскольку в настоящее время проводятся и региональные работы общегосударственного уровня, и поисковые исследования местного значения. Таким образом, одна из целей статьи состоит в том, чтобы продемонстрировать эффективность включения в геофизический комплекс гравимагнитных исследований на различных этапах нефтегазопроисковых работ. Другая цель заключается в обосновании необходимости дополнения геофизических наблюдений геохимическими при прямом прогнозировании углеводородных скоплений.



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





Региональные работы

Основные задачи региональных работ состоят в уточнении модели геологического строения разреза изучаемых территорий, в оценке их ресурсного потенциала, а также в выявлении литолого-петрофизических неоднородностей глубинного характера. Осуществляются данные работы путем создания государственной сети опорных геофизических профилей с проведением сейсмо- и электроразведочных наблюдений. В плане методики полевых работ это наблюдения с использованием сейморазведочных систем ОСТ в модификации 2D и электроразведки ЗСБ. В таком комплексе на сейморазведку возлагается задача воссоздания структурного каркаса осадочной толщи, а на электроразведку – задача описания литологической и флюидальной составляющих разреза структурно-вещественных комплексов. По результатам этих работ осуществляется построение сейсмоэлектроразведочного временного разреза (СЭВР), который подвергается геологической интерпретации. Опыт эффективного применения указанного комплекса, разработанного в Нижне-Волжском НИИ геологии и геофизики (НВ НИИГГ), освещен в публикации [3]. В число используемых методов включают также грави- и магниторазведку. Целеполагание гравимагнитной информации состоит в установлении основных закономерностей глубинного геологического строения, которые обусловлены, прежде всего, вертикально-блоковой структурой фундамента. Главная особенность интерпретационного этапа применительно к гравимагнитным исследованиям заключается в увязке профильных данных с фоновыми материалами прошлых лет. Увязка и совместный анализ этих материалов необходимы для того, чтобы компенсировать ущербность профильной системы наблюдений в плане выявления пространственных геологических закономерностей. Обычно анализ осуществляется пометодно, а затем его результаты обобщаются и завершаются созданием карт структурно-геофизического районирования территории. Однако существует и более эффективный способ анализа, основанный на построении и последующем использовании специальных карт комплексного параметра КП, получаемых направленным суммированием предварительно отнормированных карт гравитационного и магнитного полей.

Соответствующая технология разработана на кафедре геофизики Саратовского государственного университета (СГУ). Пример ее применения при проведении работ по региональному профилю «Оренбург – Маныч» приводится в публикации [4], в которой представлена карта комплексного гравимагнитного параметра КП (карта сходства) по территории Саратовской области, где проложен профиль «Уварово – Свободный». Эта технология применялась и на территории Саратовской области, где проложен профиль

«Уварово – Свободный». Полученные геофизические данные позволили скорректировать имеющееся на сегодняшний день представление об особенностях тектонического строения участка работ и построить его новую модель, не противоречащую совокупности имеющейся информации.

Поисковые съемки

Целью поисково-оценочного этапа является выявление перспективных объектов с последующей детализацией и подготовкой их к бурению.

В плане методики полевых работ это площадные наблюдения масштаба 1:50000 (и крупнее) с использованием сейморазведочных систем ОСТ в модификациях 2D и 3D, сочетаемых с геофизическими исследованиями скважин и нередко дополняемых данными других методов полевой геофизики. Необходимой составляющей подобное дополнение становится в сложных геологических условиях, например в солянокупольных при разведке подсоловых горизонтов. Технология комплексного анализа разнородных геофизических данных отличается применением «смешанной» модели интерпретации, синтезирующей детерминистский и вероятностно-статистический подходы.

Детерминистский подход реализуется построением согласованных сейсмогравимагнитных физико-геологических моделей (ФГМ), вероятностно-статистический осуществляется с привлечением корреляционной методики разделения гравитационных и магнитных аномалий. Примеры эффективности предлагаемой модели приведены в публикациях [3,4], где представлен геолого-геофизический профиль 0080102 (Астраханский свод), свидетельствующий, что по волновому полю затруднительно дать однозначную трактовку конфигураций границ куполов и разделяющей их мульды. Справиться с этой задачей помогает построение согласованной сейсмогравиметрической ФГМ. Технология согласования описана в [2].

Прогнозирование нефтегазовых залежей

Важнейшим элементом поисково-разведочного процесса настоящего времени является оценка нефтегазоперспективности выявляемых объектов до постановки бурения. Известно множество различных способов компьютерной обработки однометодных и комплексных геофизических материалов, позволяющих получить такие оценки, но все они характеризуются недостаточной надежностью из-за косвенной природы геофизической информации. Поэтому необходимо комплексировать косвенные геофизические данные с показаниями поисковой геохимии, содержащей сведения формационного и флюидального характера.

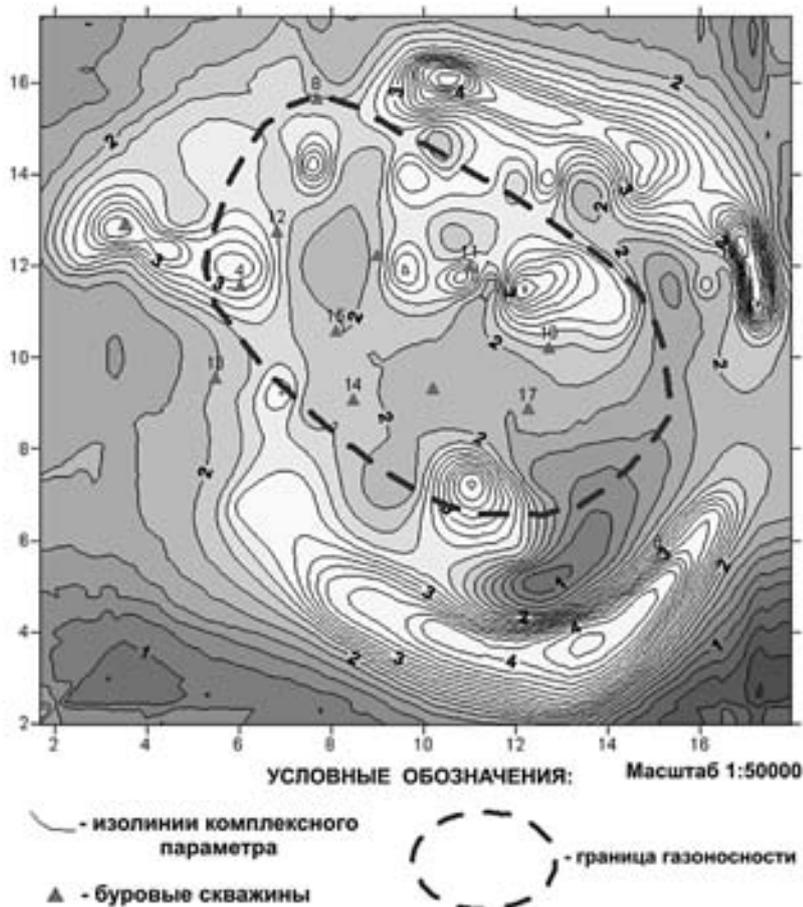


На кафедре геофизики в рамках инновационной программы СГУ разработан малозатратный комплекс полевых геохимических и геофизических методов, позволяющий существенно приблизиться к решению обозначенной проблемы. Комплекс включает газовую, термомагнитную, геоэлектростатическую и гравимагнитную съемки, а также малоглубинные модификации сейсмо- и электроразведки.

В аномальном гравитационном поле над залежью нефти и газа обычно наблюдается минимум силы тяжести, иногда с резким горизонтальным градиентом на концах. Наличие минимума может быть основным поисковым признаком при оценке нефтегазоносных структур, хотя такое четкое проявление залежи в суммарном поле Δg отмечается не всегда. Однако устранением низкостепенного тренда и применением частотных трансформаций удается, как правило, существенно усилить эффект [2]. В магнитном поле над залежью также чаще всего наблюдаются минимумы. В итоге над залежью картируется кольцевая геопотенциальная аномалия – факт достаточно широко известный из практики применения гравимагнитных методов [5].

Геохимические поиски нефти и газа включают целый ряд методов, отличающихся как по

виду объекта исследований, так и по определяемым геохимическим параметрам (содержание и состав сорбированных УВ, содержание определенных вторичных минералов и пр.). Метод газовой съемки заключается в изучении состава и распределения углеводородных газов на исследуемой площади. Все разновидности газовой съемки основаны на определении микроконцентраций метана, этана, пропана, бутана, пентана, гексана, содержащихся в породах и подземных водах. В сочетании с газовой съемкой предлагается применять термомагнитный метод выявления нефтегазовых структур [5]. Последний основан на определении тонкодисперсных аутигенных минералов (пирит и сидерит), концентрация и размерность зерен которых недостаточны для их определения с помощью оптического или рентгеноструктурных методов. Геоэлектростатический метод поиска нефтегазовых месторождений [4] основан на выявлении наложенных ореолов подвижных форм микроэлементов тяжелых металлов (Mn, Ni, Cu, Ti и т. п.), образующихся в породе под воздействием мигрирующих из залежи углеводородов. Выделение слабо закрепленных микроэлементов из валового содержания осуществляется за счет активизации геохимического процесса



Таловое месторождение газа. Карта распределения комплексного параметра (КП) (карта сходства)



электрическим током. Распределение наложенных ореолов изучается по образцам, отобранным в почве по той же схеме, что используется при реализации термомагнитного метода. Результаты исследований представляются в виде схем распределения концентраций микроэлементов. Эти величины позволяют определить относительный параметр, отражающий степень активизации геохимических процессов в образцах горных пород электрическим током, а с целью учета степени активизации геохимических процессов на аноде и катоде рассчитывается комплексный параметр. Выявляемые по картам распределения этих параметров зоны эпигенетических изменений пород, могут наблюдаться как внутри контура нефтегазоносности, так и вне его, образуя кольцевые аномалии с минимумом над залежью.

По итогам применения всех методов, включенных в полевой комплекс, обнаруживается сходный рисунок распределения нефтегазовых аномалий, позволяющий представлять результаты полевого этапа в виде единого картографического документа, получаемого направленным суммированием всех ранее построенных пометодных карт, после их предварительной нормировки и устранения размерности. Пример такого документа приводится на рисунке, где видно, что контур газоносности Таловского месторождения газа окружен кольцевой зоной пониженных значений комплексного параметра.

Дальнейшее сопоставление и увязка указанного документа с имеющимися фондовыми сейсмоэлектроразведочными построениями позволяют существенно повысить надежность прогнозирования углеводородных местоскоплений.

Известны и другие явления, которые могут быть использованы при прогнозировании нефтегазоносности разреза, например сейсмическая и электрическая эмиссия, изучение которых до-

ступно малоглубинным модификациям сейсмо- и электроразведки. Все это служит основанием для включения в предлагаемый комплекс полевых работ данных модификаций.

Выводы

Таким образом, необходимо более активное привлечение гравимагнитных методов в практику комплексных геофизических исследований на различных этапах нефтегазоперспективных работ, а также совместное использование геофизической и геохимической информации при решении задач прямого поиска нефтегазовых залежей.

Библиографический список:

1. Рыскин М. И., Волкова Е. Н., Сокулина К. Б. Геолого-тектоническая интерпретация гравимагнитных данных при обработке региональных геофизических профилей // Изв. Саратов. ун-та. Новая серия. 2009. Том 9. Сер. Науки о земле, вып. 2. С. 37–45.
2. Рыскин М. И., Сокулина К. Б., Барулин Д. А. Об эффективности комплексирования сейсмических и гравимагнитных данных при разведке нефтегазоперспективных объектов // Геофизика. 2005. № 4. С. 14–21.
3. Рыскин М. И., Сокулина К. Б., Волкова Е. Н. Оптимизированная модель комплексной интерпретации геофизических данных в солянокупольных бассейнах // Там же. 2007. № 6. С. 41–52.
4. Рыскин М. И., Науменко И. И., Витвицкий О. В. К проблеме разделения потенциальных полей при геофизической разведке солянокупольных бассейнов // Изв. вузов. Геология и разведка. 2008. № 2. С. 50–58.
5. Рыскин М. И., Волкова Е. Н., Михеев С. И., Фролов И. Ю., Шигаев В. Ю. Рациональное комплексирование геофизических и геохимических методов прогноза нефтегазовых залежей // Там же. 2009. № 6. С. 36–42.

УДК 553.982.23

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ ЛИТОГЕНЕЗ И ЕГО РОЛЬ В ФОРМИРОВАНИИ РИФТОГЕННО-ОСАДОЧНОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО КОМПЛЕКСА ПЛАТФОРМ

А. Д. Коробов, Л. А. Коробова, А. Т. Колотухин, В. М. Мухин,
Л. В. Елисеева

Саратовский государственный университет,
E-mail: korob@info.sgu.ru, korobovea@yandex.ru

На основе детальных литологических исследований показано единство эпигенетических преобразований пород переходного комплекса и чехла Западно-Сибирской плиты в процессе тектоногидротермальной активизации. В рифтах с базальтовым комплексом и надрифтовых желобах с терригенными породами возникали насыщенные газоконденсатом и газом низко- и среднетемпературные пропилиты, а в изолированных



(локальных) впадинах с риолитовыми куполами и перекрывающих породах чехла – нефтесодержащие кислотно-выщелоченные породы, слагающие фации вторичных кварцитов. Это доказывает существование особого рифтогенно-осадочного формационного комплекса, который можно рассматривать с новых позиций как нефтегазоперспективный поисковый объект.

Ключевые слова: гидротермально-метасоматические процессы, нетрадиционные и вторичные коллекторы, переходный комплекс, чехол.



Hydrothermal Lithogenesis and Its Role in Riftogenic-Sedimentary Oil and Gas-Bearing Platform Complex Formation

A. D. Korobov, L. A. Korobova, A. T. Kolotuhin,
V. M. Muhin, L. V. Eliseeva

Thorough lithologic investigations were used as the basis to demonstrate integration of the epigenetic transformations in the rocks from the transitional complex and the mantle of the West Siberian Plate in the process of tectono-hydrothermal activation. Low and medium temperature propylites saturated with gas condensate and gas used to originate in the rifts with basalt complexes and in the over-rift trenches, while isolated (local) depressions with rhyolite domes and the overlying mantle rocks used to produce oil-bearing acid-leached rocks constituting the secondary-quartzite facies. This proves the existence of a special riftogenic-sedimentary formation complex which may be regarded as a prospective object for gas and oil exploration.

Keywords: hydrothermal-metasomatic processes, non-conventional and secondary reservoirs, transitional complex, mantle.

Введение

Несмотря на значительные достижения в развитии теоретических основ нефтегазовой геологии за последние десятилетия, причины резкой избирательности размещения месторождений углеводородного (УВ) сырья в литосфере все еще не находят своего однозначного объяснения. В 70-х и первой половине 80-х гг. XX в. появилась достаточно стройная теория стадийности нефтегазообразования, основу которой составляет представление о нефтегазоносности как закономерном явлении, возникающем на определенных стадиях развития осадочных бассейнов. На первом месте в понимании механизма генерации УВ оказалась температура как основной фактор катагенетического преобразования пород. Температурные границы и отвечающие им глубинные интервалы, как правило, определяют вертикальную зональность нефтегазообразования и размещения залежей. При этом важно подчеркнуть, что тепловые поля (кондуктивный теплоперенос), контролируемые границы главных фаз и главных зон нефте- и газообразования, в понимании Н. Б. Вассоевича, практически не изменяются во времени, т. е. остаются в статическом состоянии и характеризуют геостатический режим генерации УВ. Последний складывается из двух факторов: давления, которое в осадочной толще контролируется силами гравитации, и температуры, которая определяется установившимся тепловым (кондуктивным) полем. В условиях активного тектогенеза, который переживают большинство седиментационных бассейнов на пути их превращения в бассейны нефтегазоносные, распределение давлений и температур в осадочном чехле значительно усложняется. Поэтому закономерности, установленные для геостатической обстановки, существенно нарушаются и приходят в противоречие с новым фактическим материалом, полученным, в част-

ности, на нефтяных и газовых месторождениях рифтогенных осадочных бассейнов.

Начавшийся со второй половины 80-х гг. прошлого столетия флюидодинамический этап, призванный устранить вышеотмеченные противоречия, успешно развивается в настоящее время. Его особенность заключается в признании геологами эволюционно-динамических факторов генерации УВ и установлении генетических связей между динамикой трех процессов: а) мощного осадконакопления, б) интенсивного прогрева, протекающего в условиях как растяжения, так и сжатия, в) активного нефтегазообразования. Принципиально новым является понимание исследователями того, что прогрев осадочных пород связан не только с кондукционной передачей тепла, но и с конвективным теплопереносом. Если первый механизм создает общий тепловой фон, то конвективные процессы являются, в частности, серьезными ускорителями генерации углеводородов [1]. Свидетельством конвективного прогрева бассейнов мощного осадконакопления может служить широкое развитие гидротермальных (гидротермально-метасоматических) процессов, а также обогащенность залежей нефти и газа металлами и глубинными газами. Такой подход к проблеме чрезвычайно важен для молодой Западно-Сибирской плиты (рифтового седиментационного бассейна), т. к. установлена [2] прямая генетическая связь между рифтогенезом и возникновением осадочных бассейнов, с одной стороны, и формированием в них крупных скоплений нефти и газа – с другой.

О развитии гидротермального процесса и участии горячих растворов в формировании продуктивных коллекторов чехла Западной Сибири в разное время писали Р. А. Абдуллин (1991 г.), В. И. Белкин и А. К. Бачурин (1990 г.), Г. М. Гигашвили (1979 г.), М. Ю. Зубков с коллегами (1991 г.), А. Е. Лукин и О. М. Гарипов (1994 г.), Е. А. Предтеченская с соавторами (2009 г.), Т. А. Федорова и Р. А. Бочко (1991 г.), В. В. Шапенко и Ю. В. Щепеткин (1978 г.), А. Д. Коробов с коллегами (2004, 2008 г.), В. Н. Труфанов с соавторами (2011 г.) и др. Однако исследователями не проводилась систематизация нефтегазоносных продуктов гидротермального изменения, позволявшая выделить метасоматические фации и формации, объяснить условия их формирования и приуроченность к конкретным структурам тектонической активизации. Рассмотрению этой проблемы применительно не только к породам осадочного чехла, но и переходного комплекса посвящена данная статья.

Гидротермально-метасоматические формации в породах переходного комплекса и чехла

Установлено, что характер эпигенетических изменений пород переходного комплекса



и осадочного чехла Западно-Сибирской плиты контролируется разрывными нарушениями и определяется вспышками гидротермальной деятельности, которая сопровождала периоды тектонической перестройки региона. При тектонической активизации эпицентры гидротермальных процессов были сосредоточены в погребенных рифтах и изолированных впадинах, порожденных раннемезозойским

континентальным рифтогенезом. Именно в толщах изверженных пород T_{1-3} , выполняющих наложенные на палеозойский фундамент структуры, зарождались и циркулировали горячие растворы, значительная часть которых проникла в осадочный чехол по разломам. Различия тектонических позиций рифтов и генетически с ними связанных изолированных (локальных) впадин (рисунок) определили специфику за-

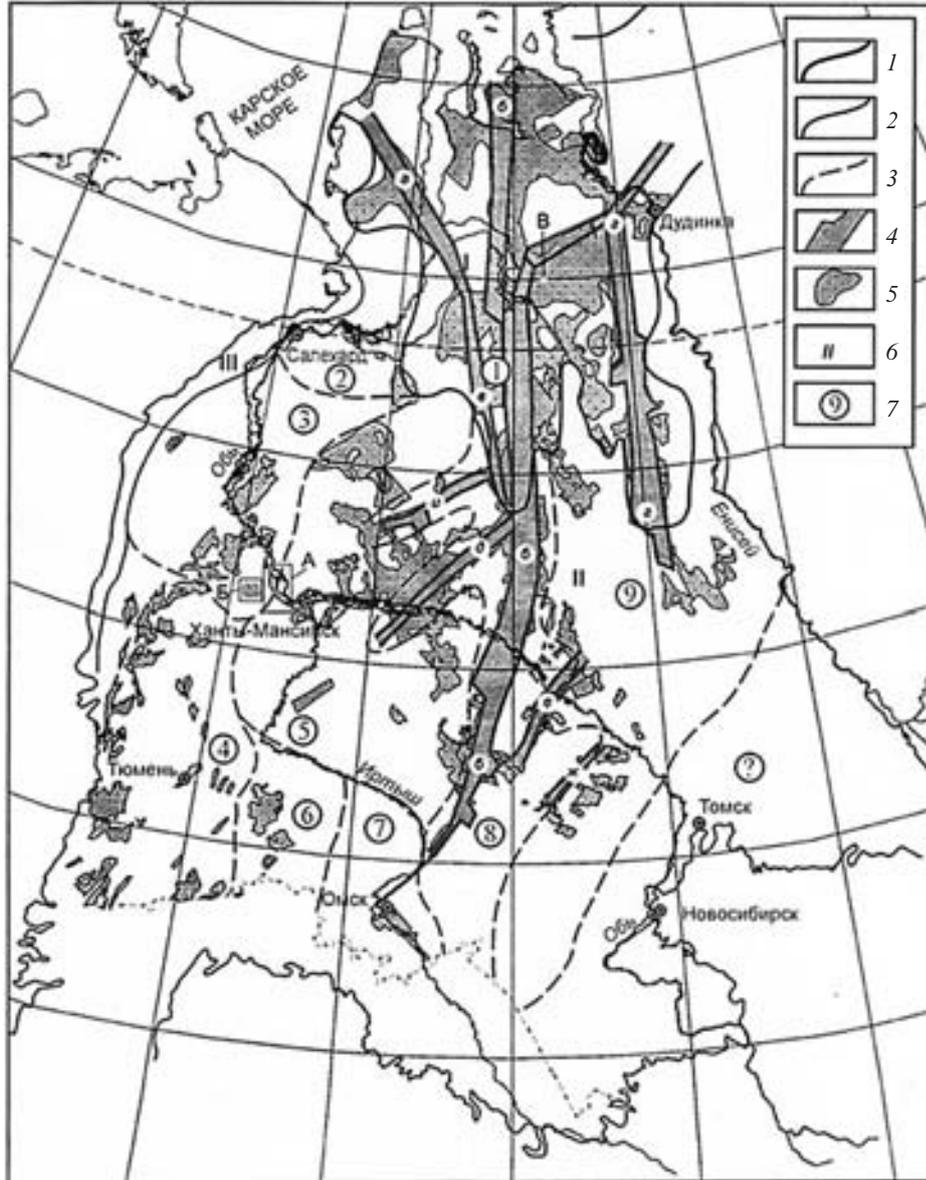


Схема фациального районирования триасовых отложений Западно-Сибирской плиты [3] с дополнениями и уточнениями авторов данной статьи: границы: 1 – Западно-Сибирской плиты; 2 – фациальных областей; 3 – фациальных зон; 4 – рифты: а – Ямальский; б – Колтогорско-Уренгойский; в – Худуттейский; з – Худосейский; д – Аганский; е – Усть-Тымский; ж – Чузикский; и – Пякипурский; 5 – изолированные (локальные) впадины и вулканические плато; 6 – фациальные области: I – Ямало-Тазовская; II – Обь-Иртышская; III – Приуральская; 7 – фациальные зоны: 1 – Уренгойская; 2 – Ярудейская; 3 – Шеркалинская; 4 – Тюменско-Тобольская; 5 – Мансийская; 6 – Вагай-Ишимская; 7 – Омская; 8 – Тарско-Муромцевская; 9 – Хохряковская; районы работ: А – Красноленинский; Б – Шаимский; В – Северо-Хальмерпаютинская площадь (Большехетская впадина)



полняющего их изверженного материала и постмагматических явлений, в данных структурах протекавших. Это касается гидротермальных процессов как доюрской (доплитной) стадии, так и тех, что сопровождали тектоническую активизацию уже сформировавшейся молодой платформы. В течение мезозоя активизация Западно-Сибирской плиты возобновлялась неоднократно. В частности, она имела место в средней юре (180–160 млн лет), раннем мелу (неокоме – 145–120 млн лет) и позднем мелу – раннем палеогене (100–60 млн лет).

В районе Красноленинского свода (см. рисунок), где расположено Талинское месторождение, в изолированных впадинах триасовые риолиты рогожниковской свиты и перекрывающие пласты ЮК₁₀₋₁₁ шеркалинской пачки (верхний лейас) испытали интенсивное кислотное выщелачивание с возникновением вторичных кварцитов. Пропилиты нами обнаружены в доюрском комплексе и нижнемеловых отложениях на территории развития ископаемых континентальных рифтов (Тюменская сверхглубокая скв. СГ-6, Северо-Хальмерпаютинское, Пяяхинское месторождения и др.). Опишем процесс формирования каждой из вышеупомянутых формаций.

Формация вторичных кварцитов

Нефтенасыщенные пласты ЮК₁₀₋₁₁ Талинского месторождения залегают в основании осадочного чехла Западно-Сибирской плиты. Они представлены главным образом мелко-, средне- и крупнозернистыми песчаниками с прослоями гравелитов. Специальные исследования показали, что породы шеркалинской пачки становятся высококачественными коллекторами в результате глубокого гидротермального преобразования. Максимально переработанные терригенные (обычно разномасштабные и грубообломочные) породы представляют собой диккит-каолинит-кварцевые метасоматиты со сложнопостроенным пустотным пространством и широким развитием крупных пор и каверн.

Наши наблюдения и анализ литературных данных свидетельствуют, что по условиям формирования в рамках аутигенной диккит-каолинит-кварцевой ассоциации можно выделить две основные фации вторичных кварцитов: кварц– (диккит-каолинитовую) и (диккит-каолинит)-кварцевую. В первом случае растворение сочеталось с преобладающей каолинитизацией (образованием минералов группы каолинита), во втором – с доминирующим окварцеванием.

Кроме того, растворение в условиях повышенных температур сопровождалось альбитизацией плагиоклазов, но явление это достаточно локальное. Для более объективного представления о характере формирования высококачественных коллекторов рассмотрим подробнее процесс альбитизации и фации вторичных кварцитов.

Растворение и альбитизация

Процесс сосредоточен во внешних и внутренних частях обломочных зерен более основного плагиоклаза. Новообразованный альбит внутренних частей имеет разнообразные по форме полости растворения размером от тысячных долей миллиметра до 0,1 мм в поперечнике. В пустотах кроме аутигенных каолинита и диккита развиваются кварц, хлорит и карбонаты. Суть процесса сводится к тому, что освобождающиеся при выщелачивании Na^+ в условиях повышенных температур постепенно замещает Ca^{+2} обломочного плагиоклаза. Выделение альбита происходит без видимого привноса натрия, т. е. натрия для новообразованного альбита заимствуется из исходного плагиоклаза. Кальций при этом частично поступает в раствор, о чем свидетельствует дырчатый характер псевдоморфоз альбита по плагиоклазу. Таким образом, альбитизация является отражением деанортизации плагиоклазов, что чрезвычайно характерно для гидротермального минералообразования.

Кальций, поступающий при этом в раствор, может входить в состав новообразованного кальцита или других карбонатов, которые осаждаются в пористом аутигенном альбите или метасоматически замещают терригенные минералы.

Явления, идентичные описанным, обнаружены А. В. Копелиовичем (1962 г.) в песчаниках Приднестровья и объясняются агрессивностью нагретых поровых растворов под давлением. При этом подчеркивается, что альбитизация плагиоклазов может протекать при невысоких температурах. Однако это противоречит физико-химическим условиям гидротермальной альбитизации.

Иногда в шлифах устанавливается сопряженность каолинитизации (развитие минералов группы каолинита) и альбитизации плагиоклазов. Но чаще обнаруживается замещение новообразованного альбита, как и всех неустойчивых минералов терригенных пород, более поздними каолинитом и диккитом.

Кварц–(диккит-каолинитовая) фация

Гидротермалиты рассматриваемой фации сосредоточены в породах шеркалинской пачки в зонах оперяющей трещиноватости крупных разломов, секущих фундамент и осадочный чехол. Их развитие контролировалось проницаемостью исходных пород и удаленностью от разрывных нарушений. Процесс формирования продуктивных вторичных коллекторов протекал в два этапа. На первом (раннем) осуществлялось растворение и метасоматическое замещение неустойчивых минералов терригенной ассоциации каолинитом и диккитом. На втором (завершающем) этапе происходило отложение этих минералов из гидротермальных растворов.

Литолого-петрографические работы, проведенные М. Ю. Зубковым и соавторами, А. Е. Лу-



киным и О. М. Гариповым, свидетельствуют, что в слабопроницаемых алевролитах наблюдается начальная и последующие стадии замещения триклинным каолинитом и диккитом обломков изверженных пород, полевых шпатов, слюд, гидрослюд, хлорита, смешанослойных образований. В более проницаемых мелко- и среднезернистых песчаниках, где процесс гидротермальной глинизации нарастал, перечисленные терригенные минералы и обломки пород встречаются в виде реликтов. Здесь отмечаются сложные взаимоотношения терригенного структурно несовершенного моноклинного каолинита с новообразованными диккитом и триклинным каолинитом. Наблюдения в электронном и сканирующем микроскопах, подтвержденные рентгеноструктурными исследованиями, свидетельствуют, что в одних случаях происходит трансформация моноклинного каолинита в диккит, а в других – его преобразование (перекристаллизация) в триклинный каолинит. Что касается терригенного кварца (доминирующего компонента пород), то он в незначительной степени подвержен процессам растворения и регенерации.

В самых проницаемых крупнозернистых песчаниках и гравелитах из приразломных зон новообразованный триклинный каолинит достаточно стремительно уступает место диккиту. В силу этого глинистые минералы цемента здесь целиком представлены диккитом. В качестве незначительной примеси фиксируются фрагменты реликтовых терригенных слюд, хлорита и смешанослойных минералов.

На участках интенсивного выщелачивания (зоны разломов) в возникших крупных порах и кавернах продолжает доминировать диккит. Причем в одних случаях развиваются диккит и триклинный каолинит в виде белых тонкодисперсных агрегатов совместно с микрокристаллическим адуляром, в других – исключительно диккит. Последний образует на стенках каверн очень плотные тонкочешуйчатые скопления, которые с трудом диспергируются и отделяются от породы даже на ультразвуковом дезинтеграторе. Важно подчеркнуть необычность сонахождения диккита, каолинита и адуляра, поскольку эти минералы формируются в диаметрально противоположных физико-химических обстановках гидротермального процесса: диккит и каолинит в кислых, а адуляр в щелочных. Другой характерной особенностью этого процесса является высокая дисперсность всех без исключения новообразованных минералов.

На границе с зоной интенсивного выщелачивания и окварцевания ((диккит-каолинит) – кварцевая фация) диккит начинал активно растворяться и часто полностью исчезал. Разрушение минерала установлено с помощью поляризационного и сканирующего микроскопов.

Процесс, пришедший на смену активному растворению, характеризуется формированием

диккит-каолинитового порового цемента и в меньшей степени возникновением регенерационной огранки у кластогенных кварцевых зерен. Для преобразованных пород характерно невысокое (1–2%) абсолютное содержание каолинита и диккита. Причем количественное соотношение этих минералов в эпигенетическом цементе становится приблизительно одинаковым. На это обстоятельство необходимо обратить особое внимание, ибо в период активного выщелачивания доминирующим минералом слоистых силикатов был высокодисперсный диккит.

Важно подчеркнуть, что в межзерновом пространстве гидротермально измененных пород развиты крупнокристаллические (30–40 мк) идиоморфные разности каолинита и диккита, попадающие при отмучивании в алевритовую фракцию. Причем совершенной морфологии в таких случаях соответствует и совершенная кристаллическая структура минералов. В частности, каолинит обладает триклинной ячейкой и строгим периодом «с». Характерно, что в направлении увеличения зернистости пород (смена мелкозернистого на средне- и крупнозернистый песчаник с прослоями гравелита) растет и степень упорядоченности решетки каолинита. Из неглинистых единственным минералом пород является кварц. Наряду с его сохранившимися обломочными зернами, здесь присутствуют и преобразованные разности с регенерационной каймой обрастания. Описанные породы имеют хорошие фильтрационно – ёмкостные свойства (ФЭС) и представляют собой нефтенасыщенные вторичные коллекторы шеркалинской пачки.

(Диккит-каолинит) – кварцевая фация

Гидротермалиты рассматриваемой фации приурочены к крупным разрывным нарушениям и локализованы в изначально наиболее проницаемых разностях пород – крупнозернистых песчаниках и гравелитах шеркалинской пачки. Формирование продуктивных вторичных коллекторов происходило в два этапа. На первом (раннем) осуществлялось полное разрушение (кислотное выщелачивание) неустойчивых компонентов терригенной ассоциации с некоторым накоплением минералов кремнезема. На втором (завершающем) этапе имело место гидротермальное окварцевание пород.

Детальное литолого-петрографическое изучение пород показало, что на раннем этапе доминирующим процессом является растворение минерального матрикса и карбонатного цемента пород по системам микро- и макротрещин, по которым циркулировали горячие водные растворы. Выщелачиванию подверглись карбонаты, полевые шпаты, слюды, хлориты, минералы группы каолинита, смешанослойные минералы, амфиболы и обломки эффузивов. Причем этот процесс сопровождался практически полным



выносом продуктов разложения за пределы зоны, чему способствовал режим интенсивного пульсирующего стресса. Сказанное привело к появлению большого количества вторичных пустот, укрупнению макро- и микротрещин.

Размеры пустот колеблются от долей миллиметра до 4–6 мм. Они, как правило, соединены между собой системой трещин раскрытостью от 0,08 до 1,4–3,0 мм, в различной степени залеченных натечными формами кремнезема (опалом) и диккитом. Однако нередко пустоты выщелачивания лишены каких бы то ни было гидротермальных новообразований. Кроме того, в основной массе пород присутствует аутигенный тонкодисперсный кварц, имеющий размеры зерен менее 0,01 мм и слагающий глинистую фракцию. Количество такого кварца составляет до половины общего содержания этой фракции в породе.

Процесс, сменивший активное растворение, характеризуется регенерацией кластогенного кварца и развитием микродруз этого минерала в пустотах выщелачивания. В значительно меньшей степени отмечается формирование диккитового (каолинит-диккитового) порового цемента.

Своим габитусом кристаллы кварца здесь обязаны многочисленным регенерационным каемкам, нарощенным на исходные разнокатанные и выщелоченные обломки этого минерала. Регенерационные каемки обычно прерывистые, шириной от 0,015 до 0,100–0,200 мм. Процесс их образования происходил в несколько этапов, что подтверждается различными по температуре генерациями регенерирующего кварца. На заключительных этапах регенерации отмечается захват битумов растущей кристаллической фазой. Поэтому поздний аутигенный кварц нередко содержит многочисленные включения пузырьков темноокрашенной жидкости – нефти.

За счет регенерационных каемок происходит значительное (в 2–3 раза) увеличение размеров исходных зерен кварца, достигающих при этом 0,8–0,9 мм. Укрупнение кристаллокластов приводит к формированию гранобластовой структуры. Более того, регенерационные каемки не просто залечивают изъяны и структуры растворения на поверхности кварцевых зерен, а восстанавливают их правильную огранку (габитус).

Окварцевание, проявившееся в порах и кавернах выщелачивания, выразилось в образовании микродруз прекрасно ограненных водяно-прозрачных кристаллов кварца, достигающих, в зависимости от величины пустот, размера 0,5–1,0 мм. Любопытно отметить, что регенерационный и вырастающий в кавернах микродрузовый кварц отличаются идиоморфизмом, а также имеют более совершенную по сравнению с обломочным кварцем кристаллическую структуру, что подтверждается рентгеноструктурными исследованиями.

Вышеописанные процессы сопряжены с резким возрастанием прежней и без того высокой проницаемости осадочных образований. В итоге вторичные коллекторы шеркалинского горизонта, соответствующие по минеральному составу формации вторичных кварцитов, приобрели проницаемость от первых сотен миллиардов до 4,5 Д при пористости от 16 до 23%. Это обусловило сверхпроводимость пород, которые рассматриваются Р. А. Абдуллиным (1991 г.) как вторичные суперколлекторы.

Установленная для осадочных пород связь наложенных процессов с ФЕС и продуктивностью может быть полностью распространена и на гидротемально измененные кислые эффузивы туринской серии изолированных впадин. Так, в Шаимском районе (см. рисунок) высокими коллекторскими свойствами отличаются зоны интенсивного сернокислотного выщелачивания риолитовых куполов, в которых выявлен новый для данной территории тип жильной ловушки УВ. Породы этих зон рассечены многочисленными прожилками, выполненными крупночешуйчатой структурно совершенными триклинным каолинитом (10–94%) и диккитом (3–45%), а также перекристаллизованным крупнозернистым кварцем (10–30%). В небольшом количестве (10%) отмечаются карбонаты – сидерит, доломит и др. Заслуживающим внимания является то, что испещренные кварц-диккит-каолинитовыми прожилками риолиты либо пропитаны нефтью (скв. 10666, глуб. 1774,0–1796,0 м, Тальниковое месторождение), либо дают нефтепритоки: Тальниковое месторождение, скв. 10329, глуб. 1735,5–1741,0 м, дебит 66т/сут; Толумское месторождение, скв. 10515, глуб. 1709,0–1724,0 м, дебит 14т/сут; глуб. 1732,0–1745,0 м, дебит 4,3т/сут.

Таким образом, в изолированных (локальных) впадинах при тектоногидротермальной активизации породы доюрского комплекса и чехла вдоль секущих их разломов были одинаковым образом изменены (сформированы кислотно-выщелоченные породы формации вторичных кварцитов) и насыщены УВ под действием циркулировавших горячих растворов. Из этого следует, что присутствие крупнокристаллического перекристаллизованного (изверженные породы) и регенерационного (терригенные породы) кварца, а также триклинного структурно совершенного крупночешуйчатого каолинита (в меньшей степени диккита) является главным минералогическим показателем возможной нефтенасыщенности коллекторов переходного комплекса и чехла. Такие коллекторы могут быть сосредоточены в Шеркалинской, Тюмено-Тобольской и Вагай-Ишимской фациальных зонах (см. рисунок), где присутствует основная масса локальных впадин.



Формация пропилитов

Формация пропилитов, генетически взаимосвязанная с вторичными кварцитами [4], масштабно проявлена в пределах Большехетской впадины (вулканического плато), которая находится в непосредственной близости от окружающих ее с трех сторон погребенных континентальных рифтов: на западе и севере – Колтогорско-Уренгойского, а на востоке – Худосейского (см. рисунок). Там насыщенные газоконденсатом терригенные толщи известны на Пякяхинском месторождении (скв. 2020Р, глуб. 3185,30 – 3195,40 м, пласт БУ¹⁶) и на Северо-Хальмерпаютинской площади (скв. 2042, глуб. 3192,00 – 3201,00 м; скв. 2051, глуб. 3343,00 – 3638,93 м). Породы представлены главным образом песчаниками, алевропесчаниками и песчаными алевролитами валанжинского яруса (К₁). Специальные исследования показали, что эти породы становятся продуктивными коллекторами в результате интенсивного гидротермального изменения – низкотемпературной (200–290°C) пропилитизации. Среди последней, в соответствии с теоретическими представлениями Д. С. Коржинского (1953 г.), М. А. Ратеева с коллегами (1972 г.) и В. И. Гугушвили (1980 г.), авторы статьи различают цеолитовую и трансильванскую фации. Продукты среднетемпературной (290–380°C) пропилитизации выражены слабо, но отмечаются во всех исследованных образцах. Рассмотрим подробнее фации низкотемпературных пропилитов.

Фация цеолитовых пропилитов

Цеолитовые пропилиты наиболее широко развиты на глуб. 3189,40 – 3192,40 м; 3195,30 м в скв. 2020Р Пякяхинского месторождения и на глуб. 3343,0 – 3367,0 м в скв. 2051 Северо-Хальмерпаютинской площади. Процесс выражается в ломонтитизации различных ингредиентов песчаников и алевропесчаников и нередко накладывается на участки, испытавшие предварительную хлоритизацию, окварцевание, карбонатизацию, эпидотизацию, пиритизацию и лейкоксенизацию, т. е. среднетемпературную пропилитизацию.

Ломонтит – индикаторный минерал цеолитовых пропилитов – тесно ассоциирует с хлоритом и продуктами его более позднего изменения. Поэтому в базисе терригенных пород, как правило, присутствует, по данным рентгенофазовых исследований, хлорит-цеолитовый (хлорит + смешанослойный хлорит-монтмориллонит + ломонтит) микроагрегат. При этом практически невозможно отличить реликты предшествующей хлоритизации от той, которая сопутствовала цеолитовой пропилитизации. Ломонтит образует пойкилобласты – крупные пластинчатые призматические кристаллы с совершенной спайностью в одном, редко двух направлениях, в которые погружен обломочный материал. Пойкилобластическая

ломонтитизация – характерная черта зон интенсивной цеолитовой пропилитизации.

Обломки пород и минералов в различной степени изменены. Полевые шпаты ломонтитизированы, пелитизированы, эпидотизированы, серицитизированы, хлоритизированы, редко соссюритизированы. Биотит значительно преобразован, причем в несколько этапов. Сначала он был эпидотизирован, лейкоксенизирован, а в самую позднюю (низкотемпературную) стадию – гидрослюдизирован, вермикулитизирован, гидратирован, смектитизирован. Новообразованный пирит встречается в виде редких гнезд и рассеянных глобул. Он развит по биотиту, хлориту, обломкам эффузивных пород. Еще одной характерной особенностью цеолитовых пропилитов является проницаемость. Петрографические наблюдения свидетельствуют, что сообщающиеся между собой поры составляют в среднем 6–10% площади шлифа. Форма их неправильная, часто удлинённая. Размеры варьируют от 0,08 мм и 0,08 × 0,16 мм до 0,25 × 0,50 мм. Это подтверждает ранее сделанный вывод о том, что при низкотемпературной пропилитизации ломонтит является минералом – индикатором коллекторов. Своим появлением он заметно улучшает проницаемость пород.

Фация трансильванских пропилитов

В отличие от цеолитовых пропилитов трансильванские пропилиты распространены ограниченно и приурочены к слабопроницаемым породам: тонкообломочным алевролитам, алевроизвестнякам гидротермально-метасоматической природы, реже – песчаным алевролитам. Трансильванские пропилиты встречены на глуб. 3193,90 м в скв. 2020Р Пякяхинского месторождения и на глуб. 3499,0 – 3501,0; 3580,0 – 3581,0; 3536,0 м в скв. 2051 Северо-Хальмерпаютинской площади. Процесс проявился в кальцитизации различных ингредиентов терригенных пород.

Кальцит ассоциирует с хлоритом, гидрослюдой и продуктами их низкотемпературного преобразования. Наиболее активно пропилитизация протекала в цементирующей массе пород, где формировался различно окристаллизованный кальцит и возникали пойкилобласты этого минерала. Редко межзерновые зоны заполнены ломонтитом. Наблюдается это в том случае, если карбонатизация несколько ослабевает. На участках же активной кальцитизации ломонтит отсутствует.

В карбонатный цемент, часто представленный пойкилобластами кальцита, погружен обломочный материал. Обломки полевых шпатов и эффузивов, прежде в различной степени эпидотизированные, хлоритизированные, лейкоксенизированные, бывают значительно корродированы поздним карбонатом кальция или даже полностью замещены кальцитом. На участках шлифа, где процесс проявлен наиболее активно, видны обломки кварца, корродированные кальцитом. Еще



одной особенностью трансильванских пропицитов является слабая их проницаемость. В шлифе не обнаружены какие-либо поры или каверны. От этого песчаник выглядит достаточно прочным и массивным и может выполнять функцию экрана. Это соответствует заключению, что при низкотемпературной пропицитизации кальцит служит минералом – индикатором локальных флюидоупоров.

Важно отметить, что характер карбонатизации терригенных пород удивительно напоминает особенности их цеолитизации. Протекая одновременно, эти два процесса, вызывающие разуплотнение и переуплотнение пород, вместе с тем пространственно не пересекаются. К такому же выводу мы пришли, изучая современные гидротермальные процессы на Камчатке.

Выявленная для пород чехла связь вторичных процессов с фильтрационными характеристиками и продуктивностью в полной мере справедлива и для базальтов T_{1-2} Колтогорско-Уренгойского грабена. Так, самыми высокими коллекторскими свойствами обладают зоны интенсивной гидротермальной проработки (цеолитизации) рифтовых базальтов, вскрытых Тюменской сверхглубокой скв. СГ-6 в инт. 6822,0–68860 м. Пористость пород в этих частях разреза достигает 19%, а проницаемость – $11 \times 10^{-3} \text{ мкм}^2$. Пустотное пространство коллектора образовано как порами, так и кавернами и трещинами. Размер каверн может составлять 22 мм. В этом интервале сосредоточены максимально ломонтитизированные, в меньшей степени эпидотизированные, альбитизированные и хлоритизированные базальты. Низкие коллекторские свойства вулканитов обусловлены заполнением пустот гидротермальным кварцем и карбонатами [5].

По данным Т. В. Карасевой (Белоконь) с соавторами [6, 7] и Ю. А. Ехлакова с соавторами (2001 г.), из метасоматически измененных (ломонтитизированных и эпидотизированных) базальтов скв. СГ-6 в интервале 6622,0–6654,0 м получен приток низкоминерализованной воды с газом (метан до 98%). Пропицитизированные газоводонасыщенные базальты-коллекторы обладают пористостью до 15% и проницаемостью до $7 \times 10^{-3} \text{ мкм}^2$. В качестве флюидоупора в этом случае могут быть хлоритизированные и карбонатизированные базальты, залегающие на глубине 6579,0–6520,0 м, которые мы относим к трансильванским пропицитам. Второй случай, когда гидротермально измененные рифтовые базальты T_{1-2} выступают в роли коллекторов, описывают Л. В. Сиротенко и В. И. Горбачев [8] на примере Ен-Яхинской сверхглубокой параметрической скв. СГ-7, пробуренной на севере Западной Сибири. Там в результате испытаний в интервале 7124,0–7163,0 м было получено $48 \text{ м}^3/\text{сут}$ углеводородного газа с водой. Это свидетельствует о возможной локализации газа в пропицитизированных рифтовых базальтах.

Таким образом, в рифтах и примыкающих к ним территориях при тектоногидротермальной активизации породы доюрского комплекса и чехла вдоль секущих их разломов были одинаково изменены (образованы цеолитовые и трансильванские пропициты) и насыщены УВ под влиянием циркулирующих высоконагретых растворов. Поэтому присутствие ломонтита является главным минералогическим показателем возможной насыщенности вторичных коллекторов переходного комплекса и чехла газоконденсатом и (или) газом.

Закономерности локализации нефтегазоносных вторичных кварцитов и пропицитов

Проведенные исследования показали, что в районе Красноленинского свода, где расположено Талинское месторождение, под влиянием циркулировавших высоконагретых растворов в крупнозернистых песчаниках и гравелитах шеркалинской пачки произошла полная замена терригенной ассоциации минералов на гидротермальную. Она осуществлялась последовательно и носила зональный характер (в порядке нарастания кислотности): альбит + хлорит + карбонаты → альбит + каолинит + диксит + кварц → каолинит + диксит + кварц → диксит + кварц + опал → кварц ± опал. Причем переход от свежих полимиктовых песчаников и гравелитов до зон их максимальной гидротермальной переработки, по данным В. И. Белкина и А. К. Бачурина (1990 г.), колеблется в интервале от десятков сантиметров до первых метров.

В этом ряду свое четкое место занимает альбитизация плагиоклазов. Аутигенный альбит шеркалинской пачки, как правило, представляет собой пористый или пористый монокристалл, пустоты которого заполнены вторичными минералами. Среди них с учетом новообразованного минерала – хозяина, необходимо различать две ассоциации, типичные, с точки зрения Д. С. Коржинского (1953 г.) и Н. И. Наковника [4], для двух генетически взаимосвязанных гидротермально-метасоматических формаций: пропицитовой (альбит + хлорит + карбонаты) и вторичных кварцитов (каолинит + диксит + кварц). Следовательно, отмеченные минеральные ассоциации определяют пограничные условия двух процессов – пропицитизации и сернокислотного выщелачивания, которые существовали на Талинском месторождении в период тектоногидротермальной активизации. Это подтверждается тем, что альбитизация происходит под действием слабокислых (рН 6) растворов, имеющих температуру 290°C и выше. При этом процессы пропицитизации в породах шеркалинской пачки носят эмбриональный характер, а сернокислотное выщелачивание проявлено чрезвычайно широко. Такие обстановки минералообразования с температурой $150\text{--}200^\circ\text{C}$ были типичны для изолированных впадин с рию-



литовыми куполами и перекрывающих их пород чехла. Там формировались кислотно-выщелоченные коллекторы формации вторичных кварцитов и осуществлялся синтез преимущественно жидких УВ. В рифтах с базальтовым комплексом и надрифтовых желобах с терригенными породами под влиянием горячих растворов минералообразование протекало в более высокотемпературных (от 200–290 до 380°C) щелочных условиях. Там возникали пропиловитовые коллекторы и флюидопоры, а также газообразные нафтиды.

В этой связи напрашивается закономерный вопрос: чем обусловлены различия аутигенеза и фазовой зональности УВ в структурах активизации рифтогенных седиментационных бассейнов? Ответ на вторую часть вопроса заключается в том, что фазовая зональность генерируемых нафтидов Западной Сибири контролируется зональностью температурной, которая, в свою очередь, является отражением региональной метасоматической зональности. Последняя возникает в нефтегазоматеринских породах при тектоногидротермальной активизации: изолированные впадины и перекрывающие их породы чехла: нефть (гидротермальные аргиллизиты 60–170°C) → нефть+газоконденсат (гидротермальные аргиллизиты, вторичные кварциты 150–200°C); рифты и надрифтовые желоба: газоконденсат (пропилиты низкотемпературные 200–290°C) → газ (пропилиты среднетемпературные 290–380°C). Однако при этом надо постоянно помнить, что современная фазовая зональность УВ на месторождениях Западной Сибири часто не укладывается в изложенную схему. Связано это с очень высокой миграционной способностью нафтидов, чутко реагирующих на меняющийся режим температур и давлений во время тектонической перестройки, что сильно осложняет вертикальное и латеральное распределение жидких и газообразных УВ.

Чтобы ответить на первую часть вопроса необходимо вспомнить, что рН растворов на месторождениях углеводородного сырья контролируется, прежде всего, окислением органического вещества (ОВ) и в меньшей степени УВ. Поэтому различия кислотно-щелочных обстановок гидротермального минералогенеза в структурах активизации определялись при прочих равных условиях неодинаковым содержанием рассеянного ОВ в каждой из них.

В перекрывающих изолированные впадины породах чехла температуры в периоды тектонической перестройки, видимо, редко превышали 200°C. Можно предположить, что при этом не все ОВ трансформировалось в УВ. Часть его оставалась в породах и могла окисляться, понижая рН растворов. Кроме того, при созревании рассеянного ОВ и образовании УВ выделялся сероводород, который впоследствии при окислении давал серную кислоту, повышающую активность гидротерм. Микронепть (нефть) также могла окисляться и создавать низкие значения

рН нагретых вод. Все сказанное в совокупности порождало кислые агрессивные растворы. Они вызывали глубокое выщелачивание, особенно если процесс протекал в режиме интенсивного пульсирующего стресса, способствующего быстрому удалению продуктов реакции из пластовой системы, что наблюдалось на Талинском месторождении. Однако на фоне кислотного выщелачивания могли возникать кратковременные обстановки щелочного минералообразования (адуляризация), связанные с вскипанием гидротерм и потерей CO₂.

Иная картина складывалась в надрифтовых желобах, где температуры в периоды тектонической активизации были существенно выше (200–380°C). В таких случаях происходила глубокая и более полная трансформация органического вещества в УВ (природный газ, газоконденсат). Рассеянного ОВ, способного окисляться, оставалось слишком мало в материнских и вмещающих породах. Кроме того, в составе генерируемого при этом «нижнего высокотемпературного газа» [9] доминировал устойчивый к окислению метан. Он быстро заполнял коллектор, вытеснял воду и консервировал пластовую систему, т. е. прекращал развитие в ней регрессивного аутигенеза. Всё это препятствовало снижению рН нагретых растворов, и гидротермальное минералообразование происходило до прихода УВ в пласт в щелочной (до близонейтральной) обстановке.

Из этого следует, что в седиментационных бассейнах с погребенным континентальным рифтом при тектонической активизации появлялись различные по своим параметрам потоки глубинных тепловых флюидов, т. е. имел место разноинтенсивный конвективный теплоперенос. Взаимодействуя с породами осадочного чехла, флюиды, с одной стороны, определяли кислотность – щелочность растворов и формационную принадлежность гидротермальных коллекторов, а с другой – контролировали фазовую зональность образующихся УВ. Поэтому формирование вторичных коллекторов в таких случаях нельзя рассматривать в отрыве от процесса нефтегазогенерации.

На основании вышеизложенного можно говорить о существовании в Западной Сибири единой нефтегазогенерирующей и нефтегазоносной системы, объединяющей нетрадиционные коллекторы в породах переходного комплекса и вторичные коллекторы в породах осадочного чехла. Все это доказывает существование особого рифтогенно-осадочного формационного комплекса платформ, порожденного гидротермальным литогенезом, для которого характерно единство эпигенетических изменений пород переходного комплекса и чехла. Основные преобразования в нем проходили в среднеюрско-раннепалеогеновое время. Этот комплекс необходимо рассматривать с новых позиций как нефтегазоперспективный поисковый объект.



Библиографический список

1. Соколов Б. А., Гусева А. Н. О возможной быстрой современной генерации нефти и газа // Вестн. Моск. ун-та. Сер. геолог. 1993. № 3. С. 39–46.
2. Хаин В. Е., Соколов Б. А. Рифтогенез и нефтегазонасность : основные проблемы // Рифтогенез и нефтегазонасность. М., 1993. С. 5–16.
3. Липатова В. В., Казаков А. М. Проект стратиграфической схемы триасовых отложений Западно-Сибирской плиты (по решениям Межведомственного рабочего совещания в г. Ярославль, 2000 г.) // Триас Западной Сибири (материалы к стратиграфическому совещанию по мезазою Западно-Сибирской плиты). Новосибирск, 2001. С. 215–220.
4. Наконкин Н. И. Вторичные кварциты СССР и связанные с ними месторождения полезных ископаемых. М., 1968. 335 с.
5. Сиротенко Л. В., Горбачёв В. И. Факторы развития коллекторов в нижней части разреза Тюменской сверхглубокой скважины // Геология и геофизика. 2000. Т. 41, № 4. С. 491–502.
6. Карасева Т. В., Горбачева В. И., Келлер М. Б., Пономарева В. А. Основные научные результаты исследо-

- вания Тюменской сверхглубокой скважины // Тюменская сверхглубокая скважина (интервал 0–7502 м). Результаты бурения и исследования : сб. докл. Пермь, 1996. Вып. 4. С. 49–62.
7. Карасева Т. В. (Белоконь), Ехлаков Ю. А., Горбачев В. И. и др. Эффективность глубокого и сверхглубокого параметрического бурения для оценки ресурсов углеводородов ниже освоенных глубин // Приоритетные направления поисков крупных и уникальных месторождений нефти и газа. М., 2004. С. 164–169.
8. Сиротенко Л. В., Горбачёв В. И. Коллекторский потенциал и трещиноватость вулканогенно-осадочных образований на глубинах до 8250 метров в Ен-Яхинской сверхглубокой параметрической скважине СГ–7 // Типы седиментогенеза и литогенеза и их эволюция в истории Земли : материалы 5-го Всерос. литологич. совещ. : в 2 т. Екатеринбург, 2008. Т. 2. С. 268–270.
9. Кравченко К. Н., Иванова О. В., Бурлин Ю. К., Соколов Б. А. Нафтидное районирование арктических акваторий России и Аляски в связи с размещением и поиском уникальных месторождений нефти и газа // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. 2000. № 11. С. 2–10.

УДК 563.45 (116.3)

ПЕРИФРОНТАЛЬНЫЕ ФОРМЫ ПОЗДНЕМЕЛОВЫХ МОДУЛЬНЫХ ГЕКСАКТИНЕЛЛИД (PORIFERA)

Е. М. Первушов

Саратовский государственный университет
E-mail: pervushovem@mail.ru

В морфогенезе позднемиловых скелетных губок – гексактинеллид предполагается проявление тенденций, способствовавших выделению среди унитарных представителей группы форм модульной организации разного уровня. Формирование простейших «модульных» форм, определяемых как перифронтальные, связывается с незавершенным почкованием и обособлением единичных поперечных каналов, апо- или прозохет.

Ключевые слова: губки, гексактинеллиды, модульная организация, перифронтальные формы, почкование.

Perifrontal Forms of the Late Cretaceous Modular Hexactinellids (Porifera)

Е. М. Pervushov

Certain tendencies are supposed to show up in morphogenesis of the Late Cretaceous skeletal sponges, hexactinellids; those tendencies make it possible to distinguish some forms of diverse-level modular organization among the unitary representatives of the group. Generation of primitive «modular» forms, defined as the perifrontal ones, is associated with incomplete gemmation and isolation of solitary cross canals, apo- or prosocbetes.

Key words: sponges, hexactinellids, modular organization, perifrontal forms, gemmation.



При изучении относительно просто устроенных позднемиловых губок – гексактинеллид, представителей семейства *Ventriculitidae* [1, 2], установлены формы, в строении скелета которых выделены обособленные элементы, неизвестные среди ветрикулитид. Большинство представителей этого семейства париформного строения – очертания парагастральной полости – прямо соотносятся с коническим, цилиндрическим или тарелковидным в целом строением скелета [2]. Существенное морфологическое разнообразие париформных губок обусловлено сочетанием наличия (отсутствия) и степени выраженности в строении скелета системы ризоид, стержня и отворота, изгиба стенки (рисунок, фиг. А, Г). Скелетные новообразования у этих губок с учетом первичной и рецентной сохранности достоверно определяются, чего нельзя сказать об их функциональном предназначении.

Привлекшие внимание выросты морфологически описываются как широкие и невысокие конусовидные выросты с округлыми отверстиями на вершине. Выросты располагаются на парага-



стральной или на дермальной поверхности, а их количество варьирует от одного – двух до двадцати – тридцати. Необходимость в понимании происхождения и функционального предназначения этих выростов нарастала с увеличением количества фоссилий, в строении которых подобные новообразования были установлены.

Своеобразие морфологии скелета, обусловленное наличием и расположением оригинальных элементов (выростов, в дальнейшем – субмодулей), позволило обособить рассматриваемые формы от унитарных губок в качестве «домодульных» организмов, которым дано определение перифронтальные, от словосочетания *peri* (греч.) – вокруг, возле и *frons/frontis* (лат.) – лоб; передняя, лицевая сторона.

Происхождение перифронтальных форм.

Выделение из состава унитарных губок несколько иначе устроенных перифронтальных форм могло быть обусловлено проявлением двух тенденций морфогенеза скелетных гексактинеллид.

Одно из направлений определяется особенностями вегетативного размножения позднемеловых гексактинеллид. При проявлении незавершенного почкования среди исходно унитарных губок в последующем происходит фиксация морфологического обособления почкообразных выростов на теле особи. В структуре скелета (тела) меловых гексактинеллид [3] почкообразование было приурочено к верхнему краю, где сопрягается парагастральная и дермальная поверхности скелетообразующей стенки, к апикальным или маргинальным, так или иначе обособленным участкам дефинитивного организма (см. рисунок, фиг. А). Массовое формирование почек приурочено и к участкам оскулярной мембраны (*Guettardiscyphia*).

Парагастральная поверхность и прилежащие участки верхнего края были наиболее приспособлены к почкообразованию, нежели участки дермальной поверхности, на которой формирование достоверных почек устанавливается редко. Последнее обусловлено тем, что дермальная поверхность закрыта кортексом, а иногда и мембраной плотно расположенных спикул. Парагастральная поверхность сложена более крупными спикулами и часто сопряжена с пористой паренхимальной спикульной решеткой и обычно изолирована от воздействия внешней среды.

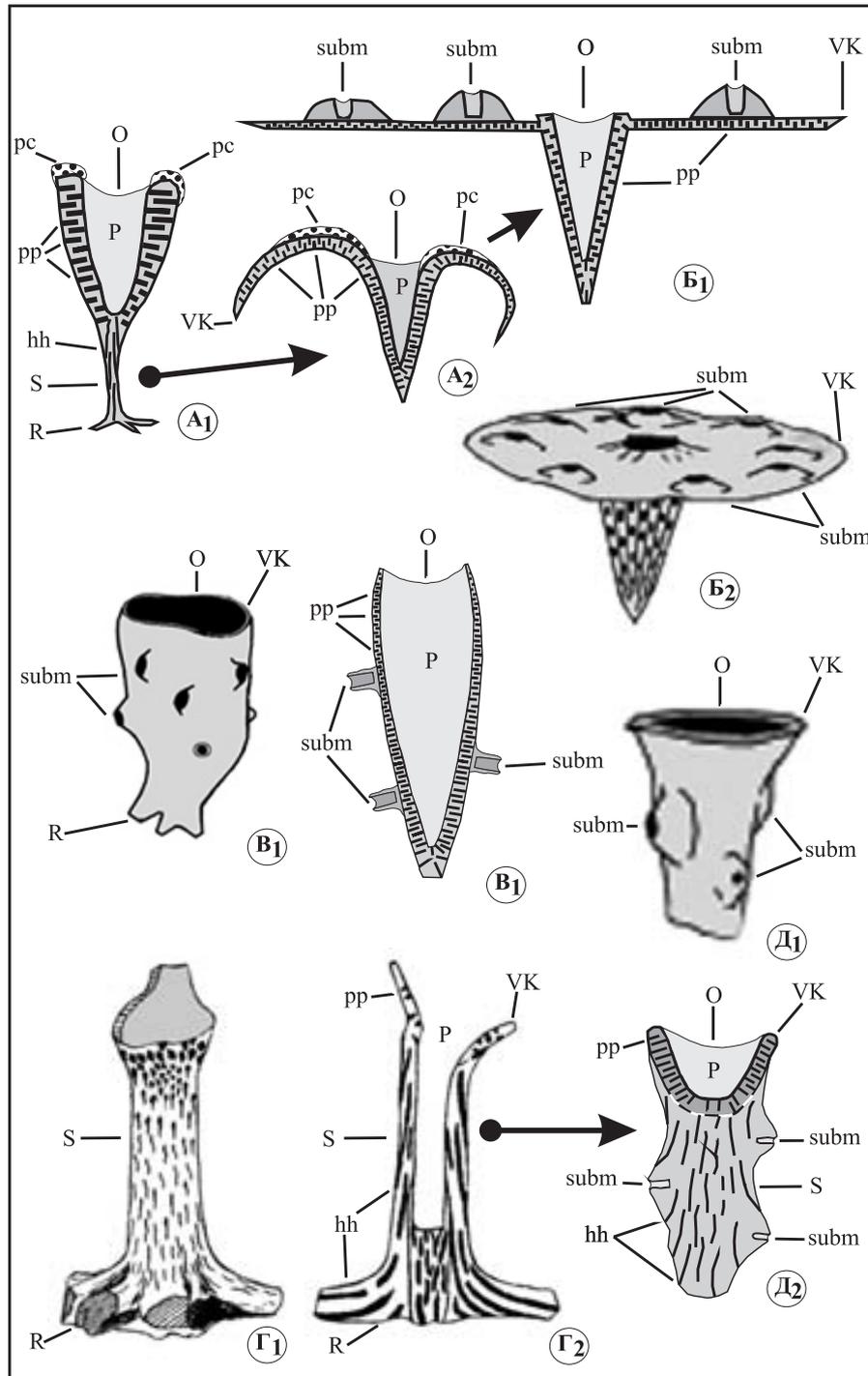
У некоторых вентрикулитид, отличавшихся относительно небольшими величинами толщины стенки, что обусловило подвижное положение последней и формирование широкого отворота, парагастральная поверхность оказывалась в наиболее высоком положении, открытом прямому воздействию водной среды (см. рисунок, фиг. А). В этом случае у форм с доминирующим размножением почкование существенно возрастала площадь тела, приспособленная к выделению почек. На примере вентрикулитид (см. рисунок, фиг. А, Б) можно представить соотношение площади парагастральной поверхности губок с отворотом

стенки (*Contubernium*, диаметром до 60 – 80 мм) с площадью верхнего края губок без отворота (*Ventriculites*, толщина стенки 8 – 10 мм). При этом выделение почек у париформных губок конических очертаний и без отворота стенки (*Sporadoscinia*, *Ventriculites*, *Guettardiscyphia*) происходило на локальных, наиболее приподнятых и ориентированных по направлению придонного течения участках верхнего края (см. рисунок, фиг. А₁).

Формирование скелетов с широким симметричным отворотом стенки предопределило возможность преимущественного почкообразования именно на раскрытой поверхности парагастра. Предполагается, что в последующем в силу ряда причин (удельный вес отделяющихся клеток, изменение динамики и направления течения и т. д.) часть из многочисленных почек приживались на парагастральной поверхности, чему могла способствовать однородность структуры спикульной решетки. В дальнейшем проявлялось закономерное расположение уже многочисленных почек – выростов на парагастральной поверхности. Выросты, став неотъемлемой частью единого скелета, функционально способствовали изменению облика предковых форм. Так, у *Contubernium*, в отличие от *Ventriculites*, отчетливо обособлен оскуюлом центрального парагастра, отворот стенки широкий ортогональный симметричный и верхний край расположен в горизонтальной плоскости.

Рассматривалось предположение, что столь необычные изменения морфологии скелета обусловлены процессами почкования, массово проявившимися на стадии онтогенеза губки и совпавшими с ее гибелью. Но «гипотезе почкования» противоречат наблюдения по морфологии вентрикулитид и изученных автором гексактинеллид [1, 2]. Во-первых, в структуре скелета с выростами (субмодулями) определены характерные элементы, неизвестные среди вентрикулитид. Это четкий отворот стенки в горизонтальной плоскости, протяженные ряды ризоидных выростов от ее нижней поверхности и четко обособленный оскуюлом. Во-вторых, имеющийся материал позволяет проследить изменения в морфологии губок с субмодулями, которые интерпретируются как онтогенетические. В-третьих, у описанных почек на стадии отделения от материнской особи не наблюдаются полости и оскулярные отверстия [3]. Результаты изучения проявлений почкования и связанных с этим морфологических изменений в строении гексактинеллид показывают, в частности, что в момент формирования почек слабо искажаются лишь локальные участки тела (скелета) губки, наиболее благоприятные их образованию.

Другое направление в морфогенезе гексактинеллид, с которым связывается возможное формирование перифронтальных форм, – это преобразование единичных поперечных каналов (прозохет, реже апохет) в обособленные полости, расположенные внутри морфологически выраженных выростов (см. рисунок, фиг. В).



Морфология унитарных губок и производных перифронтальных форм:

фиг. А – Строение унитарных париформных губок, предшественников перифронтальных форм: А₁ – *Ventriculites striatus* Smith, 1848; отворот стенки отсутствует; А₂ – *Ventriculites cribrus* (Phillips, 1829); в строении скелета доминирует широкий отворот стенки. Зоны почкообразования приурочены к поверхности верхнего края или апикальным участкам стенки. Верхний мел, Европа;

фиг. Б – *Ventriculites (Contubernium) ochevi* Perv., 1998; производная перифронтальная форма с расположением субмодулей на парагастральной поверхности: Б₁ – вертикальный разрез, Б₂ – общий вид. Сантон, Поволжье;

фиг. В – *Coscinopora (Fericoscinopora) variabilis* (Malecky, 1980); производная перифронтальная форма с расположением субмодулей на дермальной поверхности стенки: В₁ – общий вид; В₂ – вертикальный, продольный разрез, общий вид. Сантон, Польша;



Подобные выросты, достоверно наблюдаемы на дермальной поверхности, свойственны губкам, ирригационная система которых состоит из поперечных каналов небольшого диаметра и для которых характерна большая плотность расположения элементов скульптуры, в том числе апопор и прозопор. Многочисленные примеры выростов, сформированных по поперечным каналам, установлены в структуре скелетов представителей *Leptophragmidae* [4, табл. XXI, фиг. 3, 9], в частности рода *Guettardiscyphia* (*Hexactinina*) [5], а среди лихнисцин подобные же выросты описаны среди *Naraeana* [6, с. 417, рис. 5, б].

Единичные морфологически выраженные выросты выделены даже на субплоских участках дермальной поверхности *Leptophragmidae*. Чаще подобные выросты отмечаются на перегибах стенки плициформных (*Leptophragma*, *Guettardiscyphia*) и на узких, килевидных участках стенки париформных (*Naraeana*, *Lepidospongia* и *Sestrocladia*) губок.

Морфология и морфотипы перифронтальных форм. Строение перифронтальных форм характеризуется париформным скелетом, по периферии которого прослеживаются невысокие бугорки (субмодули) с отверстиями (субоскулюмами) на вершине. Полости субмодулей непосредственно не сопряжены с центральной парагастральной полостью и оскулюмом. Термин «субоскулюм» широко используется автором при описании транзитных форм (*Coeloptychium*, *Balantionella*, *Guettardiscyphia* и *Tremabolites*) [2, 7], отражая вторичную, дополнительную роль этих мелких по сравнению с оскулюмом отверстий в скелете губки с единой парагастральной полостью. В отношении перифронтальных форм этот термин применяется с целью подчеркнуть вторичность мелких обособленных полостей. Добавление нового термина, например «параоскулюм», увеличит описательный терминологический аппарат при описании губок, что считается нежелательным. Морфологическое разнообразие перифронтальных форм ограничено и определяется их происхождением от париформных губок. Новообразования (модули) расположены на державной или парагастральной поверхности конических и цилиндрических скелетов, принципиально не изменяя габитус исходных парихормных губок.

Парагастральные перифронтальные формы (рисунок фиг. Б; приложение, фототабл. I, II, III фиг. 1). Скелет в виде гриба высотой 30–40 мм и диаметром по верхнему краю 60–70 мм и более. Толщина стенки изменяется от 6–8 мм до 10–11 мм. Нижняя часть скелета – невысокий (19–31 мм) конусообразный бокал с едва выпуклой стенкой, диаметр у отворота 22–30 мм. Выше равномерного ортогонального отворота, на горизонтальном участке парагастральной поверхности расположены слабо выпуклые бугорки с округлыми субоскулюмами (*Contubernium*) [1]. Диаметр дискообразной части скелета в 1,5–2 раза, иногда и более, превышает высоту узкоконического бокала. Центральный парагастральный глубокий и субцилиндрический. Оскулюм овальный (8–10/11–12 мм), острые края окружающей его стенки в виде кратера приподняты над парагастральной поверхностью. Апо- и прозохеты диаметром 1,5–2 мм, порой диагональные в области бокала. На парагастральной поверхности, на горизонтальном участке стенки прослеживаются тонкие стенки каналов (0,5–0,6 мм) и широкие канавки каналов и овально-вытянутых остий (1–1,3 мм). Полости субмодулей мелкие и цилиндрические, диаметр субоскулюмов 3–6/3–6 мм. Количество субмодулей у форм полной сохранности (диаметром 50–60 мм) изменяется от 7 до 12. Субмодули расположены относительно равномерно субконцентрически по всей парагастральной поверхности. Иногда на поверхности субмодулей прослеживаются элементы скульптуры.

В онтогенезе парагастральных перифронтальных форм прослежены следующие тенденции (см. приложение, фототабл. II): 1) увеличение диаметра горизонтального отворота стенки сопровождалось возрастанием количества субмодулей от 15–20 до 50–60; 2) многочисленные субмодули утрачивают отчетливо выраженные конические очертания и на их месте прослеживаются лишь субоскулярные отверстия, которые становятся более крупными, овальными, порой сходными по очертаниям с оскулюмом; 3) при увеличении диаметра дискообразной части скелета, при постоянных значениях толщины стенки, дермальные ребра преобразуются в дополнительные опорные элементы – протяженные и высокие ризоиды. Высота ризоидов соотносится с высотой нижней, конусообразной части скелета; 4) сокращается

фиг. Г – *Rhizopoterion cervicorne* (Goldfuss, 1833); унитарная форма, в строении которой преобладают ризоиды и сопряженный с ними стержень. Она рассматривается в качестве предшественника близкородственных перифронтальных форм (см. фиг. Д). Кампан, Поволжье;

фиг. Д – *Rhizopoterion (Columelloculus) triuterus* Perv., 1998; производная перифронтальная форма с расположением субмодулей на поверхности стержня, в строении которого развиты только продольные каналы: Д₁ – общий вид, Д₂ – вертикальный, продольный разрез. Кампан, Поволжье;

условные обозначения: О – оскулюм; Р – парагастральная полость; Р – ризоиды; S – стержень; VK – верхний край; subm – субмодуль с субоскулюмом; ps – зоны активного почкообразования; ирригационная система: pp – поперечные каналы (апо- и прозохеты) и hh – продольные каналы; стрелками показано направление в морфогенезе, с которым связывается формирование перифронтальных форм



роль в строении скелета ее нижней части, конусовидного бокала.

Дермальные перифронтальные формы (см. рисунок фиг., В, Д; приложение, фототабл. табл. III фиг. 2). Скелет высотой 50 мм имеет вид узкоконического стержня, в строении которого доминируют протяженные тонкие (0,5–0,7 мм) продольные каналы. На различных уровнях дермальной поверхности скелета прослеживаются конусовидные бугорки с отверстием на вершине (*Columelloculus*) [1]. Диаметр стержня 15–30 мм. Парагастр глубокий и узкоконический. Оскулом фасоловидный (5/18 мм). В строении *Rhizopoterionina*, к которым относится *Columelloculus*, преобладают стержень и ризоиды, в которых ирригационная система представлена продольными каналами. Бокал, в строении которого выделяются короткие поперечные каналы, не всегда достоверно прослеживается: толщина стенки 6 мм, диаметр по верхнему краю 18/29 мм. Субмодули, бугорки с субоскулюмами, установлены на поверхности стержня и близ основания бокала, на участках, где поперечные каналы отсутствуют. Высота субмодулей 5–6 мм, диаметр 15–17 мм, полости субмодулей цилиндрические, короткие и диаметром 3–4 мм.

Вероятно, явление незавершенного почкования в большей степени проявлялось среди известковых губок и демоспонгий, что предопределило увеличение их морфологического разнообразия. В строении демоспонгий «субмодульные» выросты также приурочены к апикальным участкам скелета или перегибам боковой поверхности, но их морфологическая обособленность не всегда явно проявлена. Среди меловых известковых губок и демоспонгий модульная организация проявлена иначе, чем у гексактинеллид, и в их составе перифронтальных форм пока неизвестны.

Модульная организация. В разрабатываемой модели модульной организации гексактинеллид [7], в составе которой определены, помимо унитарных губок, уровни автономных (подуровни первичных и вторичных) и колониальных (подуровни параколоний и настоящих колоний), а также надуровень транзитных (унитарных, автономных и колониальных) форм. Перифронтальные губки не рассматриваются в качестве собственно модульных форм, они формируют отдельную конечную ветвь (подуровень) в морфогенезе унитарных гексактинеллид.

Это обусловлено тем, что в строении перифронтальных губок не прослеживаются результаты циклического морфогенеза, т. е. морфология их скелета не является следствием полимеризации исходного модуля (фрактала, «клона») [8, 9]. Перифронтальные формы образованы при модификации и изменении функций и морфологии лишь отдельных элементов, новообразований в структуре предковых унитарных форм. В этом случае исходный модуль, унитарная губка париформного строения, претерпевает лишь некоторые структурные изме-

нения, но в морфогенезе не происходит удвоения и/или последующей полимеризации исходного модуля (скелета) конических или цилиндрических очертаний. Новообразования в структуре перифронтальных губок определяются как субмодули, что отражает низкий уровень структуры этих элементов по сравнению с модулями.

Ярким примером полимеризации исходного модуля среди гексактинеллид являются автономные формы [7]. Первичные автономии представляют собой итог полимеризации исходных унитарных форм, конических или цилиндрических очертаний, обычно в количестве двух-трех, без образования дополнительных скелетных новообразований (*Microblastium*, *Napaeana*, *Sporadoscinia*, *Sestrocladia*; сантон – кампан). Строение вторичных автономий в результате последующего морфогенеза отличается значительным количеством исходных модулей (до 10–12), отличающихся сходными небольшими размерами, образованными единой стенкой, которая порой формирует протяженный горизонтальный участок отворота (*Communitectum*, *Marinifavosus*; кампан – маастрихт) [2, 7].

Вероятно, перифронтальный уровень организации характерен только для губок, что объясняется необычным соотношением в строении единого скелета основного, центрального парагастра и полостей субмодулей.

Стратиграфическая приуроченность. Парагастральные перифронтальные губки (*Contubernium*) известны из нижнесантонских образований правобережного Поволжья. Скелеты этих губок приурочены к сложно построенным ориктоценозам «губкового» горизонта, формировавшегося в пределах отмелей на протяжении сотен тысяч лет и отличающегося большим количественным представительством и таксономическим разнообразием остатков этих беспозвоночных. Дермальные перифронтальные губки (*Columelloculus*) известны из кампанских образований Поволжья. Остатки этих губок также приурочены к ориктоценозам массовых поселений кремневых губок – «губковым лугам». Возможно, перифронтальные формы с дермальным расположением субмодулей были распространены и в сантоне (*Fericoscinopora*), но для доказательства этого требуется изучение строения парагастральной полости и полостей выростов (модулей) [6].

Аспекты тафономии. На идентификацию и последующее изучение морфологии скелета губок, установление уровня модульной организации существенно сказывается степень первичной и рецентной сохранности фоссилий. Условия захоронения большинства сантонских губок в Поволжье отличались более активными гидродинамическими условиями по сравнению с обстановками их обитания. Значительное количество фоссилий из сантонского «губкового» горизонта представлено перетолженными, оббитыми скелетами и фрагментами, окутанными фосфатной массой.



Аспекты соотношения степени сохранности и таксономии скелетных форм губок-гексактинеллид до настоящего времени не рассматривались, что, отчасти, сказывается на достоверности палеонтологических описаний и валидности выделения тех или иных таксонов в ранге вида и рода. Применительно к перифронтальным формам аспекты захоронения и последующих процессов фоссилизации скелетов обусловлены необходимостью анализа секторов стенки выше ее отворота, которые часто представлены фрагментами.

Фрагментация. Особенностью строения скелета дермальных перифронтальных (*Contubernium*) форм является широкий равномерный горизонтальный отворот стенки, на котором распространены субмодули. После гибели организма скелет неизбежно переворачивался на бок, так как верхняя дискообразная часть скелета тяжелее нижней конусообразной и перевешивала ее. Воздействие придонных течений и волновой динамики воды приводило к волчкообразному вращению скелета. При усилении гидродинамического режима, при перемещении и переотложении скелета происходило раскалывание отворота на отдельные сегменты и отделение нижней конусообразной части. При значительной выборке фоссилий лишь единичные формы небольшого диаметра отличаются почти полной сохранностью (см. приложение, фототабл. I). Селективная сохранность не позволяет описать видовое разнообразие представителей *Contubernium*: из 28 экземпляров фоссилий скелетов полной сохранности всего 0,1%. Почти все достоверно диагностируемые экземпляры *Contubernium* известны по сегментам отворота стенки, несущими характерные субмодули (см. приложение, фототабл. II).

Скелеты *Rhizopoterion* также крайне редко характеризуются полной сохранностью. Название типового вида *R. cervicorne* обозначает характерную особенность строения базальной части скелета-ризодов, внешне напоминающих «колени рожки». Этот элемент скелета, наряду со стержнем, по облику напоминающий кости морских позвоночных, наиболее часто встречается в породах в виде разрозненных остатков. Бокал, венчающий стержень, очень редко встречается в ископаемом состоянии. Скелеты *R. cervicorne* полной сохранности, состоящие из горизонтально расположенных ризоидов, вертикального стержня и тонких стенок бокала, обнаруживаются крайне редко, при общей выборке материала до сотни экземпляров. Связанные с ними происхождением *Columelloculus* характеризуются аналогичными особенностями сохранности – это преимущественно фрагменты стержневой части скелета с продольными каналами. Лишь наличие субмодулей позволяет установить своеобразие рассматриваемых форм среди *Rhizopoterioninae*, но не дает возможности представить их разнообразие.

Фоссилизация. Значительная часть скелетов губок из верхнемеловых отложений Поволжья

происходит из аллохтонных комплексов, в таких случаях они обычно в той или иной степени фосфатизированы. Предполагается, что даже при автохтонном и субавтохтонном захоронении скелеты (тела) губок сорбировали фосфатные соединения из окружающей водной среды, именно эта первичная фосфатизация способствовала порой их идеальной первичной сохранности [3]. При неоднократном вымывании из осадка и переотложении скелеты и их фрагменты постепенно превращались в различной степени окатанные терригенные включения, что показано и на примере верхнетуронских-сантонских губок Польши [10, 11]. Процесс переотложения и фрагментации скелетов сопровождался и неоднократным заполнением парагастральной полости и каналов, перекрытием дермальной скульптуры вмещающими осадками на фосфатном цементе. При этом состав и цвет цемента могут быть полностью аналогичны литологии осадка, выполнявшего скелет губки, и в этом случае отпрепарировать фоссилии от вмещающего фосфатного цемента очень сложно.

При обволакивании скелета фосфатной массой или попадании его в состав агрегата терригенных включений не представляется возможным проследить соотношение апо- и прозопор и возможных выростов, установить достоверность тех или иных выростов, почек. Даже в продольных аншлифах не удается проследить соотношение элементов ирригационной системы и полостей субмодулей. Их соотношение является принципиальным при определении уровня модульной организации губок. Если парагастральная полость является единой, раскрывающейся к оскулуму или нескольким оскулумам (субоскулумам), то автор рассматривает губки с подобным строением как колониальные (*Paracraclularia*, *Zittelispongia*) или транзиторные (*Coeloptychium*, *Balantionella*, *Guettardiscyphia*, *Tremabolites*) [7]. В случае, когда субмодули морфологически обособлены и их полости не образуют единую ирригационную систему губки и таким образом выполняют функцию дополнительных «парагастральных» полостей, подобные формы определяются как перифронтальные. Поэтому по приводимым описаниям и изображениям губок в работах предшествующих исследователей [4, 6], в которых обращается внимание на необычные выросты в строении скелета, невозможно установить уровень модульной организации описываемых форм. К тому же вопросы «унитарности» – «колониальности» ископаемых губок в публикациях при описании форм ранее практически не рассматривались.

Аспекты номенклатуры и систематики. Перифронтальные формы рассматриваются в составе рода, на уровне подрода, с представителями которого предполагается их филогенетическая обусловленность. В частности, в составе *Ventriculites* рассматриваются представители перифронтальных *Contubernium*, а в составе *Rhizopoterion* – *Columelloculus*. Ранее автор [1] самонадеянно



описывал эти формы в ранге рода, стремясь выделить столь необычные по морфологии губки в составе семейства (подсемейства) и тем самым подчеркнуть в описании их новизну. При этом не учитывалось значения устойчивости выработанных таксономических критериев и к тому же еще не в полной мере владел представлениями об уровне организации губок.

Важными таксономическими признаками на уровне рода являются характеристика дермальной скульптуры, ее соотношение со скульптурой парагастральной поверхности и морфотип (париформный) скелета. Субмодули с обособленными полостями дополняют и несколько видоизменяют очертания скелета исходных родственных форм, но строение дермальной скульптуры и ирригационной системы остается идентичным.

Известно две группы перифронтальных губок на уровне подрода, которые представлены одним типовым видом (см. рисунок). Столь ограниченный видовой состав объясняется малой выборкой материала (*Columelloculus* – 3 экз., из них 2 фрагмента), который преимущественно представлен фрагментами. Относительно кратко существовавшие монотипные группы представляли конечные, крайне специализированные тренды морфогенеза в ранге трибы (подсемейства) [1, 2]. Эти губки слабо адаптированы к конкурентной среде придонных фильтраторов, что обусловлено ограниченностью модификаций исходной архитектоники (морфотипа) данных скелетных форм.

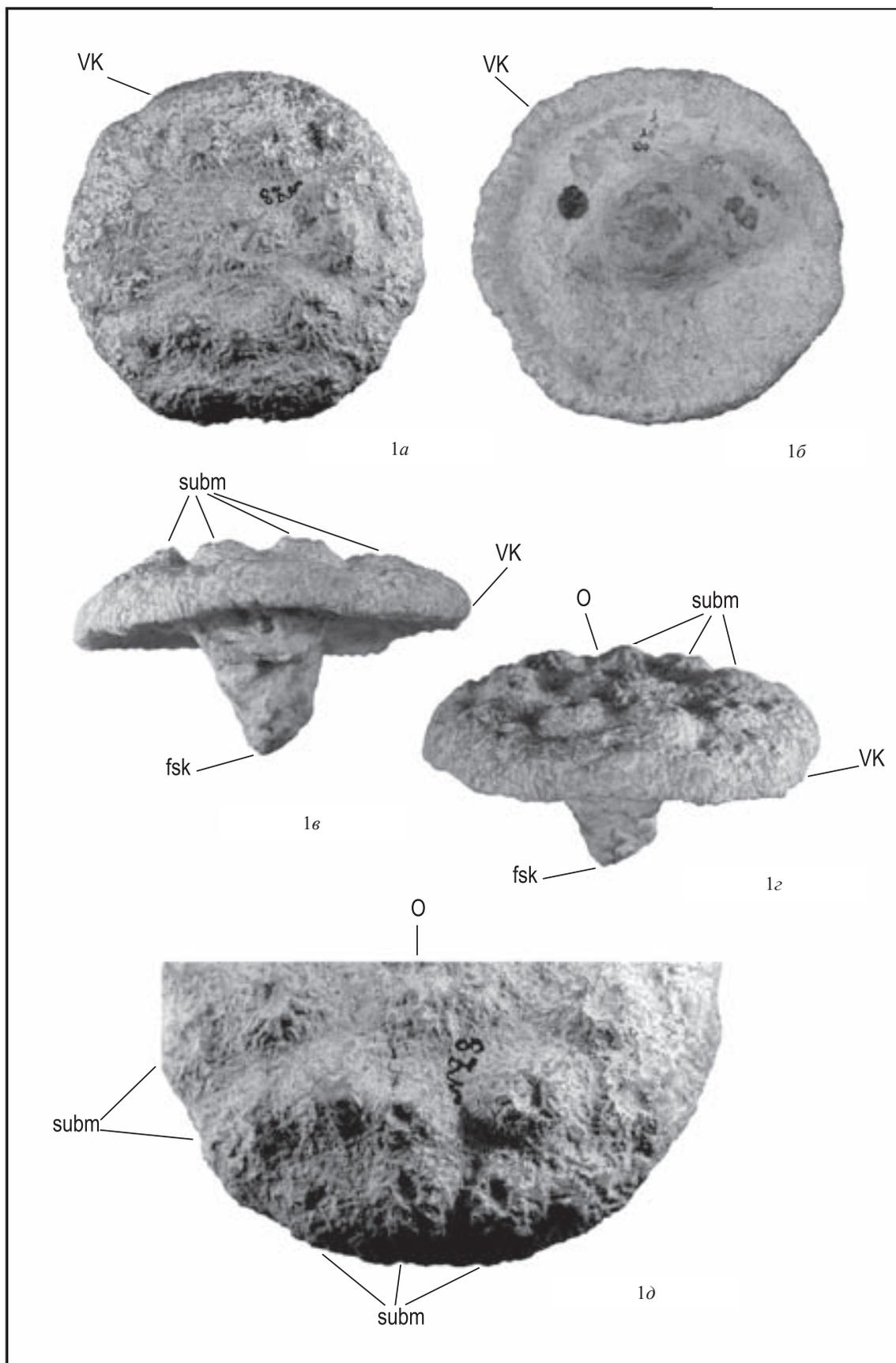
Библиографический список

1. Первушов Е. М. Позднемеловые вентрикулитидные губки Поволжья // Тр. НИИ геологии Сарат. гос. ун-та. 1998. Т. 2. 168 с.
2. Первушов Е. М. Позднемеловые скелетные гексактинеллиды России. Часть II. Морфология и уровни организации. Семейство Ventriculitidae (Phillips, 1875), partim ; семейство Coeloptychiidae Goldfuss, 1833 – (*Lychniscosa*) ; семейство Leptophragmidae (Goldfuss, 1833) – (*Hexactinosa*) // Тр. НИИ геологии Сарат. гос. ун-та. Новая серия. 2002. Т. 12. 274 с.
3. Первушов Е. М. Проявления почкования среди поздне-меловых скелетных губок – гексактинеллид // Изв. Сарат. ун-та. Новая серия. 2010. Т. 10. Сер. Науки о Земле, вып. 1. С. 51–64.
4. Moret L. Contribution a l'etude des Spongiaires siliceux du Cretace superieur francais // Mem. Soc. Geol. France, N. Ser. 1926. Т. 3, f. 1. P. 1–247.
5. Первушов Е. М. Новообразования в строении скелета позднемеловых губок, способствовавшие формированию полиоскулумных форм // Изв. Сарат. ун-та. Новая серия. 2011. Т. 11. Сер. Науки о Земле, вып. 1. С. 39–51.
6. Malecki J. Santonian siliceous sponges from Korzkiew near Krakow (Poland) // Roczn. Pol. tow. geol. 1980. № 3–4. P. 409–430.
7. Первушов Е. М. О модульной организации губок // 200 лет отечественной палеонтологии : материалы Всерос. совещания (Москва, 20–22 октября 2009 г.) / Российская академия наук, Палеонтологический институт им. А. А. Борисяка ; под ред. И. С. Барскова, В. М. Назаровой. М., 2009. С. 99.
8. Марфенин Н. Н. Фундаментальные закономерности модульной организации в биологии // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2008. Вып. 9. С. 147–161.
9. Хлебнович В. В. Адаптации особи и клона : механизмы и роли в эволюции // Успехи современной биологии. 2002. Т. 122, № 1. С. 16–25.
10. Olszewska-Nejbert D., Swierczewska-Gladysz E. The phosphatized sponges from the Santonian (Upper Cretaceous) of the Wielkanoc Quarry (southern Poland) as a tool in stratigraphical and environmental studies // Acta Geologica Polonica. 2009. Vol. 59, № 4. P. 483–504.
11. Vodrazkaab R., Sklenarc J., Cecha S., Laurind J., Hradecka L. Phosphatic intraclasts in shallow-water hemipelagic strata: a source of palaeoecological, taphonomic and biostratigraphic data (Upper Turonian, Bohemian Cretaceous Basin) // Cretaceous Research. 2009. № 30. P. 204–222.



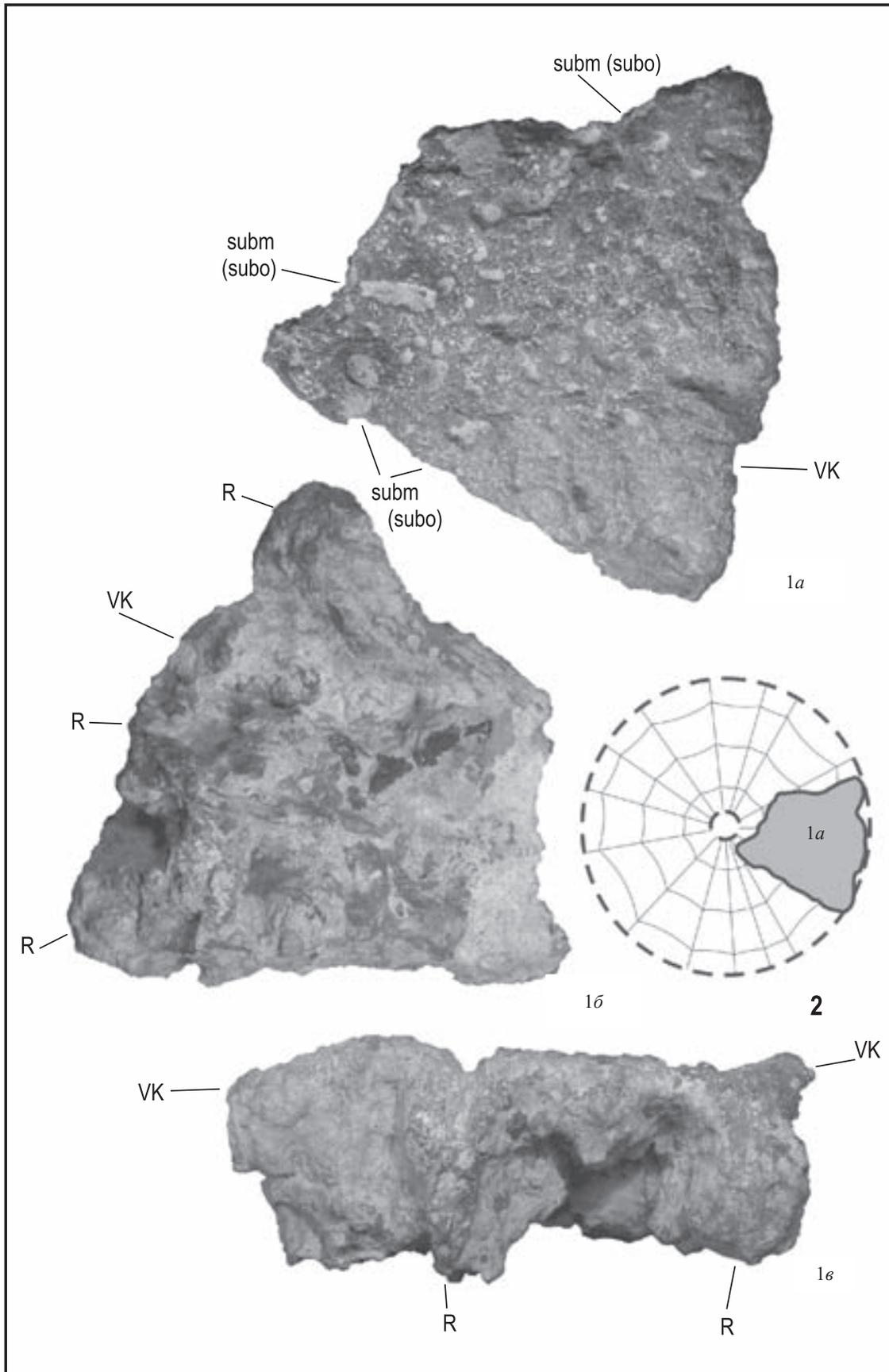
Приложение

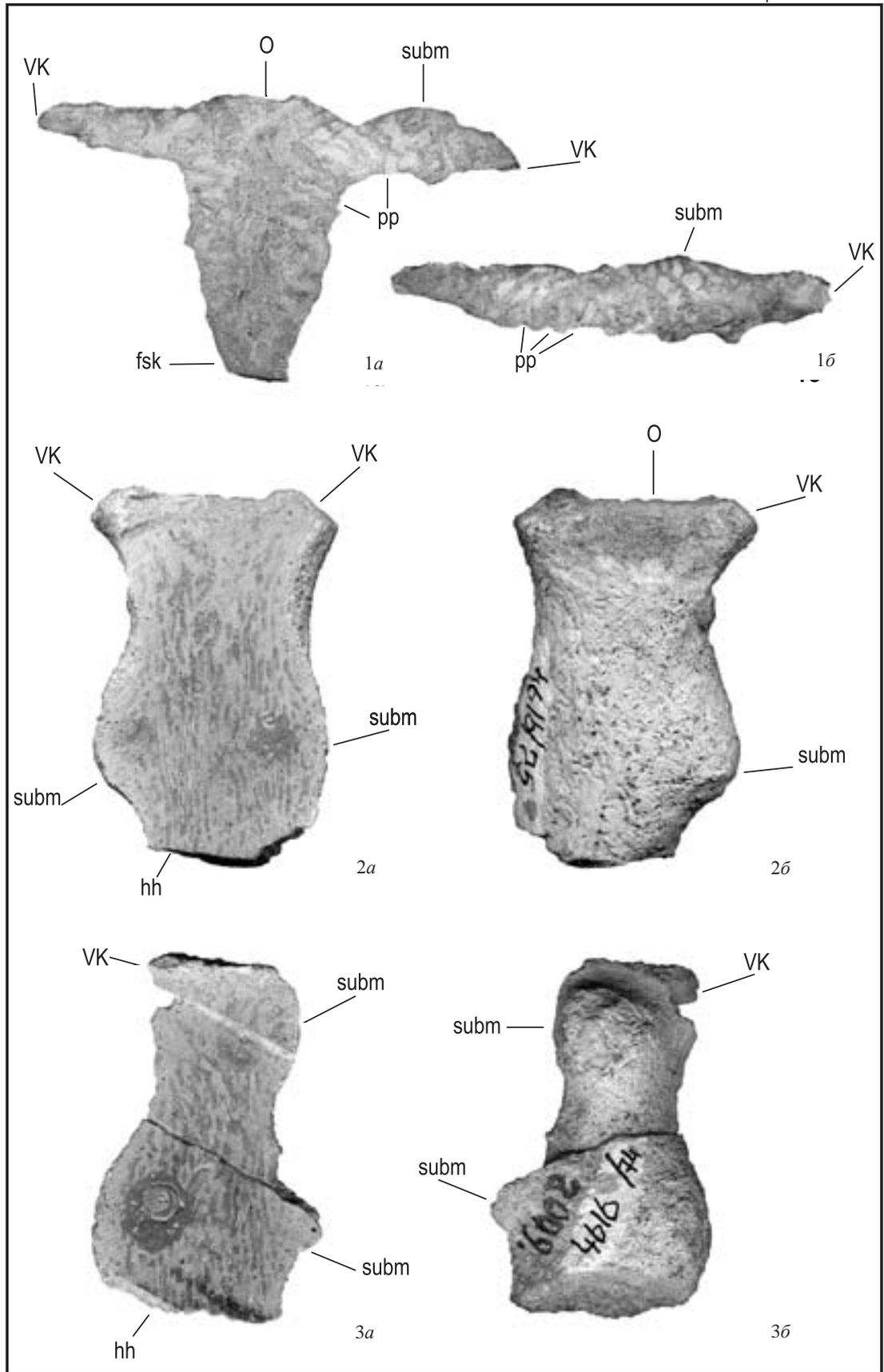
Фототаблица I





Фототаблица II







Фототаблица I

Фиг. 1. *Ventriculites (Contubernium) ochevi* Perv., 1998; Экз. СГУ, № 121/28 (x0,75): скелет полной сохранности: 1а – сверху; 1б – снизу; 1в – сбоку; 1г – вид по диагонали сверху; 1д – половина верхней части скелета с оскулюмом в центре, субмодули в два ряда расположены по периферии (x1,5). г. Саратов, нижний сантон.

Условные обозначения: О – оскулюм; ВК – верхний край; fsk – основание скелета, subm – субмодуль

Фототаблица II

Фиг. 1. *Ventriculites (Contubernium) sp. ind.*; Экз. СГУ, № 121/2442 (x1): фрагмент верхней части скелета – сектор горизонтального отворота: 1а – сверху, субмодули, в виде оскулярных отверстий, расположены в радиальных рядах; 1б – снизу, прослеживаются радиально расположенные стенообразные ризоидные выросты; 1в – сбоку, на верхний край с ризоидными выростами. г. Саратов, «Заплатиновка»; нижний сантон.

Фиг. 2. *Ventriculites (Contubernium) sp. ind.*; Экз. СГУ, № 121/2442: реконструкция скелета полной сохранности и положение представленно-

го на фиг. 1 фрагмента (серое) сверху. г. Саратов, «Заплатиновка», нижний сантон.

Условные обозначения: О – оскулюм; R – ризоидообразный вырост; ВК – верхний край; subm (subo) – субмодуль (субоскулюм).

Таблица III

Фиг. 1. *Ventriculites (Contubernium) ochevi* Perv., 1998; Экз. СГУ, № 122/1278 (x1): вмещающая порода не показана: 1а – продольный аншлиф скелета; 1б – аншлиф горизонтального сектора стенки выше отворота. г. Саратов, нижний сантон.

Фиг. 2. *Rhizopoterion (Columelloculus) triuterus* Perv., 1998; Экз. СГУ, № 121/2009-1 (x1,5): 2а – аншлиф; 2б – дермальная поверхность с почкообразным выростом и с субоскулюмом на его вершине. г. Саратов, низы верхнего кампана.

Фиг. 3. *Rhizopoterion (Columelloculus) triuterus* Perv., 1998; Экз. СГУ, № 121/2009-2 (x1,5): 3а – аншлиф; 3б – дермальная поверхность. г. Саратов, низы верхнего кампана.

Условные обозначения. О – оскулюм, ВК – верхний край; fsk – основание скелета; рс – почковидное образование; subm – субмодуль; hh – продольные; pp – поперечные каналы

УДК [567.3:551.762.33/763](470.3/4)

НОВЫЕ НАХОДКИ ХИМЕР РОДА *STOILODON* NESSOV ET AVERIANOV, 1996 (HOLOCEPHALI, CHIMAEROIDEI) В ПОЗДНЕЙ ЮРЕ И РАННЕМ МЕЛУ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Е. В. Попов, В. М. Ефимов¹

Саратовский государственный университет

E-mail: popov@bmail.ru

¹Ундоровский палеонтологический музей,

с. Ундоры, Ульяновская обл.

E-mail: upm2002@mail.ru

На основе новых находок мандибулярных зубных пластин химеры *Stoilodon aenigma* Nessov et Averianov, 1996 (Holocephali, Chimaeroidei) из нижнего мела Центральной России уточнен диагноз рода и подтверждена валидность таксона. Находка пластины из рязанских отложений (зона rjasanensis, =бореальный берриас) Подмосковья позволяет расширить стратиграфическое распространение вида на весь нижнемеловой отдел. Вычислено, что размер тела стойлодона не превышал 1,5 м. К роду *Stoilodon* отнесена также мандибулярная пластина из верхов юры (средне-волжский подъярус, зона nikitini) разреза Городищи Ульяновской области. Это указывает на более широкое географическое распространение рода и его появление до начала мелового периода.
Ключевые слова: мандибулярные зубные пластины, Chimaeroidei, *Stoilodon*, верхняя юра, нижний мел, Центральная Россия, Поволжье.



New Records of the Chimaeroid Genus *Stoilodon* Nessov & Averianov, 1996 (Holocephali, Chimaeroidei) Remains from the Late Jurassic and Early Cretaceous of European Russia

E. V. Popov, V. M. Efimov

Based on new finds of mandibular tooth plates of the chimaeroid *Stoilodon aenigma* Nessov & Averianov, 1996 (Holocephali, Chimaeroidei) from the Lower Cretaceous of central Russia, the diagnosis of the genus is modified and validity of the taxon is confirmed. New record of mandibular plate of the species from the Ryzanian regional stage (boreal Berriasian stage) of the Moscow Region has allowed us to expand stratigraphical distribution of the species within the whole early Cretaceous. It is estimated that *Stoilodon* did not exceed 1.5 m in body length. An additional mandibular tooth plate from the latest Jurassic (middle Volgian substage, nikitini zone) of Gorodischi section, Ul'yanovsk Region is referred to the genus *Stoilodon*. It indicates a broader geographic distribution of the genus and its pre-Cretaceous origin.

Key words: mandibular tooth plates, Chimaeroidei, *Stoilodon*, upper Jurassic, lower Cretaceous, central Russia, Volga River Basin.



Введение

Середина мелового периода (альб – сеноман) – время наибольшего разнообразия химеровых рыб (подотряд Chimaeroidei). С территории Евразии и Австралии известно 7 крупных и/или перспективных ассоциаций этого возраста: 1) альб (формации Gault, Upper Greensand) Англии; 2) альб местонахождения Кольбай, полуостров Мангышлак, Западный Казахстан; 3) апт – альб Квинсленда, северо-восточная Австралия; 4) альб–сеноман Западной Австралии; 5) альб–сеноман юга Центральной России (Белгородская область); 6) сеноман Поволжья, Россия и 7) сеноман (формация Lower Chalk) Англии. Наиболее представительны по количеству и разнообразию таксономически две ассоциации: из альба Англии и альба–сеномана Белгородской области России. Обе ассоциации демонстрируют наибольшее из известных для ископаемых и современных химер родовое разнообразие: соответственно 7 и 11 родов [1, 2]. Химеры в каждой из этих ассоциаций представлены в основном отдельными зубными пластинами (реже – спинными шипами и лобными класперами) и показывают большое разнообразие морфофункциональных типов зубных систем: от дробящих и разных модификаций ломающих до специализированных на резание (кусание).

Характерной чертой альб – сеноманской ассоциации из Белгородской области является присутствие в ней сразу 3 родов химер с режущей зубной системой: *Elasmoctes* Newton, 1878; *Lebediodon* Nesson et Averianov, 1996b и *Stoilodon* Nesson et Averianov, 1996b [2–4]. Все они обычно классифицируются в составе семейства носатых химер *Rhinochimaeridae* Garman, 1901 [5]. Наиболее загадочным (как следует из видового названия) среди них является вид *Stoilodon aenigma* Nesson et Averianov, 1996b, который был установлен на материале из 4 крупных режущих пластин, предположительно являющихся фрагментами (?) сошниковых [4]. До настоящего времени этот монотипический род был известен только из типового местонахождения и ограничен типовым стратиграфическим интервалом, являясь, таким образом, «среднемеловым» эндемиком для центра Русской плиты.

В последние годы появились новые находки крупных пластин стойлодонов как в мелу юга Центральной России, так и в верхней юре Поволжья. Эти материалы позволяют уточнить диагноз рода, расширить его стратиграфическое и географическое распространение, а также пересмотреть некоторые аспекты онтогенеза и палеобиологии этих химеровых рыб.

Описанные и изображенные образцы хранятся в коллекции кафедры палеонтологии Саратовского государственного университета (префикс СГУ) и Ундоровского палеонтологического музея, с. Ундоры Ульяновской области (УПМ), другие упомянутые в тексте сравнительные образцы – в

коллекции музея естествознания в Штутгарте, Германия (SMNS), Юрском музее, Айхштадт, Германия (SOS) и музее Тайлера, Гаарлем, Голландия (TM).

Материал и местонахождения

Описываемые остатки химер происходят из трех местонахождений европейской части России.

1. Стойленский карьер (карьер Стойленского ГОКа), г. Старый Оскол Белгородской области. Крупнейшее в мире местонахождение ископаемых химер как по количеству материала (известно более 5000 зубных пластин, а также головные класперы и шипы спинных плавников), так и по таксономическому разнообразию в одном комплексе – 11 родов и 12 видов: [2–4, 6]. Местонахождение открыто в 1980 г. Л. А. Несовым [7]. Песчаная часть разреза карьера, вскрываемая двумя технологическими ярусами, в ходе разработки более глубокого рудного тела протерозойского возраста, представляет около 20 м песка [8], с фосфоритовым прослоем в средней части верхнего из ярусов. Вся песчаная пачка подстилается гравелитами криушанской свиты (неоком, ?апт) и перекрывается карбонатными отложениями (мел, в основании песчано-фосфатный, так называемая «сурка» тускарской свиты туронского возраста [9]). Остатки позвоночных встречены практически по всему верхнему технологическому ярусу: в толще песка ниже карбонатных отложений тускарской свиты до фосфоритового слоя (полпинская свита, нижний сеноман [6, 10]) и в интервале 0–10 м ниже фосфоритового слоя (людиновская свита, верхний альб). Ранее возраст комплекса химер датировался как верхний альб–сеноман [3, 4]. С нижнего технологического яруса (гаврилковская и злыдинская свиты, нижний – средний альб) остатки позвоночных не известны.

Часть материала по химерам привязана к разрезу, но основные сборы происходят из отвалов горно-вскрышного комплекса (ГВК) «Стойленский-3», который работал до начала 2000-х гг. и выносил разрабатываемый песок обоих ярусов на промплощадку западнее карьера (см. Google Земля: С 51°14'56"; В 37°41'23")¹. Весь материал по виду *Stoilodon aenigma*, как типовой (голотип ЦНИГР № 10/12963, паратипы ЦНИГР № 11, 12, 12а/12963), так и дополнительный (колл. ЗИН РАН, СГУ) происходит с отвалов карьера. Это относится и к обр. СГУ 154/626 (колл. К.М. Шаповалова) (фототабл. I, фиг. 1а–г), который является единственной из известных на данный момент целой мандибулярной пластиной этого вида. При отсутствии остатков стойлодонов из разреза (in

¹ С ликвидацией ленточного транспортера ГВК обновление песчаных отвалов прекратилось, и они постепенно зарастают. В последние годы песок активно разрабатывается для нужд дорожного строительства в области. Это приводит к прогрессивному уменьшению количества и качества фоссильного материала, доступного для сбора с поверхности (ЕВП, личные набл. 2010–11 гг.).



situ) возраст вида (верхний альб – нижний сеноман) принимается условно.

Близким по строению, но меньшим по количеству собранного материала из одновозрастных отложений является карьер Лебединского ГОКа (последние 15 лет доступ на карьер для сбора ископаемого материала затруднен; ЕВП, личные набл.). Остатки стойлодонов с Лебединского карьера не известны.

2. ЛФР-12. Один из карьеров Лопатинского месторождения фосфоритового сырья, расположенный между с. Новочеркасское и деревнями Берняково и Исаиха в Воскресенском районе Московской области. Карьеры месторождения в XX в. разрабатывали фосфатонесные песчано-глинистые и песчаные породы волжского яруса [11, 12]. Теперь почти все из них заброшены и рекультивированы; на ЛФР-12 идет пока разработка нижнемеловых песков для строительных целей. В подошве этих песков, но выше волжских отложений залегают песчаники и пески (мощностью менее 1,5 м) рязанского региояруса (горизонта) нижнего мела. Эта часть разреза сконденсирована, также включает фосфориты и железистые оолиты. Здесь встречены многочисленные остатки беспозвоночных, в том числе аммонитов зональных комплексов *Riasanites rjasanensis* и *Surites tzikwinianus* [13]. Неполная мандибулярная пластина *Stoilodon aenigma* (экз. СГУ № 155/72; см. фототабл. I, фиг. 2а–б; сборы А.В. Ступаченко, 2004 г.) происходит из фосфатизированного песчаника зоны *Riasanites rjasanensis* (соответствует слою 8б близко расположенного карьера ЛФР-10 – [13]). Зона *rjasanensis* сопоставляется с большей частью берриасского яруса (в интервале зон *jacobi-occitanaica* – подзоны *paramimounum* зоны *boissieri*) Юго-Западной Европы [13].

3. Городищи. Правый берег р. Волга у д. Городищи (недалеко от с. Ундоры), Ульяновского района одноименной области. Здесь давно известен и постоянно изучается [11, 12, 14–19], разрез верхнекиммериджских, волжских (= лектостратотип региояруса) и готеривских (нижний мел) отложений, содержащий остатки хрящевых рыб [20] и морских рептилий [21–23]. Зубная пластина *Stoilodon sp.* (УПМ ЕП-1405; фототабл. II, фиг. 1а–в) была найдена одним из авторов (ВМЕ) в 2005 г. на поверхности блока песчаника, съехавшего к урезу воды, в 2 км южнее д. Городищи. Она происходит из слоя 8 [11] светло-зеленого тонкозернистого глауконитового песчаника, который относится к зоне *nikitini* средневолжского подъяруса верхней юры. У зубной пластины при дислокации блока была субгоризонтально срезана часть базальной поверхности, которая от длительной экспозиции на открытом воздухе выветрилась и раскололась на фрагменты. Окклюзивная поверхность, погруженная в породу, сохранилась лучше, на ней видны распределение эмалеподобной покровной ткани и граница стирания пластины. Зубная пластина была склеена и освобождена от породы

вручную, а также на заключительном этапе с помощью бормашины Proxxon Micromot FBS 240/E с алмазными бурами.

Терминология зубных пластин химер

Описательная терминология и измерения основаны на представлениях первого автора данной статьи [6, 24–26]. Терминология находится в доработке и унификации. Ключ к основным описательным терминам и измерениям приведен на рис. 1. Некоторые описательные термины и измерения комментируются ниже.

Контрольная ширина мандибулярной пластины (Km по [27]); ранее промер определялся как «средняя ширина» [24, 28, 29], «выбранная ширина» [26] и «коэффициент выбранной ширины» [6]), с сохранением прежнего смысла. Уточненный термин лучше отражает функцию промера – контролировать размерность пластины в онтогенетической серии. В случае с пластинами стойлодонов, у которых отсутствует дискретный передне-внешний тритор, контрольная ширина измеряется от самой крайней точки лабиального выступа перпендикулярно к симфизно-окклюзивному краю пластины. Для стойлодонов промер соответствует одной трети от медиодистальной длины пластины (у экз. СГУ 154/626 = 34% при L87 и Km30). Промер для стойлодонов не полностью соответствует аналогичному промеру других «эдафодонтид» и ринохимерид, так как измеряется от угла лабиального выступа, а не от симфизного края передне-внешнего тритора, что в случае стойлодона немного увеличивает значение промера.

Вслед за работой Д. Уорда и Л. Гранди [30] используются термины «окклюзивная» и «постокклюзивная» поверхности – соответственно для стертой и нестертой частей ротовой поверхности пластин при наличии границы их разделения. Сходным образом лабиальный край может быть разделен на окклюзивный и постокклюзивный (при наличии перегиба в структуре лабиального края или контакта с границей стертой-нестертой поверхностей).

Изменены и дополнены термины Т. Орвига [31] для гиперминерализованной ткани, слагающей триторы. Термин «васкулярный плеромин» (масса плеромина, пронизанная многочисленными субвертикальными столбиками, каждый из которых содержит внутри кровеносный сосуд) адаптирован как трубчатый плеромин. Компактный плеромин (т. е. разделенный многочисленными субвертикальными перегородками) адаптирован как пластинчатый плеромин. Для модификаций последнего введены новые термины: поперечно-пластинчатый плеромин (соответствует обычному компактному плеромину по Т. Орвигу) и диагонально-пластинчатый плеромин – силовые перегородки из собственно плеромина располагаются узкими косыми рядами и ориенти-



стинам. Пластины режущие, очень крупные (Км 30–40), сравнительно широкие и короткие/ Лабиальный край разделен на окклюзивную и постокклюзивную части, последняя субпараллельна симфизно-ротовому краю. Симфизная (?) фасетка короткая, плоская. Лабиальная фасетка стирания развита хорошо, захватывает клюв и полностью лабиальный выступ пластины. Окклюзивный край сильно выямчатый, с глубокой и остроугольной медиальной вырезкой и развитым острым лабиальным выступом, который сопоставим по размеру с мандибулярным клювом и имеет ориентированную лабиально ось. Латеральная нисходящая пластинка сильно редуцирована и развита вдоль симфизно-лабиального края в виде узкой продольной полосы (как у *Elasmodectes*, *Edaphodon*). Симфизная нисходящая пластинка отсутствует. Лабиальные линии нарастания S-образные, изгибаются сходно общей форме лабиального края, в дистальном направлении они сужаются и примыкают почти перпендикулярно к постокклюзивному краю. Окклюзивные триторы отсутствуют, по всему окклюзивному краю развит лабиальный тритор, сложенный диагонально-пластинчатым плеромином; в месте лабиального выступа профиль тритора утончается; пластинки плеромина наклонены окклюзивно и простираются с S-образным изгибом, повторяющим форму лабиальных линий нарастания.

Состав. Кроме типового вида известен *Stoilodon sp.* из терминальной юры Поволжья.

Сравнение. От меловых родов *Lebediodon* Nessov et Averianov, 1996b, *Elasmodectes* Newton, 1878, *Amylodon* Storms 1895 и современного рода *Rhinochimaera* Garman, 1901 [34, табл. 15–16] стойлодон отличается заметно более крупными размерами (исключая амиладонов), формой мандибулярных пластин, коротким постокклюзивным краем, ориентированным параллельно симфизно-ротовому краю, присутствием протяженного и цельного лабиального тритора из диагонально-пластинчатого плеромина, крупного треугольного тритора.

От меловых эласмодектесов стойлодон отличается также присутствием только одного рудимента латеральной нисходящей пластинки в окоლოსимфизной части и отсутствием дистального рудимента (рис. 2, фиг. б).

Небные и сошниковые пластины для стойлодона не установлены.

Замечания: При первоописании род был классифицирован в составе семейства носатых химер (*Rhinochimaeridae*) [4]. В настоящей работе род рассматривается в составе формального семейства «*Edaphodontidae*» Owen, 1846 (обсуждение статуса и состава семейства см. в работе: [26]) по причине большего сходства мандибулярных пластин с таковыми «эдафодонтид» рода *Elasmodectes*, а не с пластинами ринохимер (сем. *Rhinochimaeridae*) [34]. Юрские и меловые виды

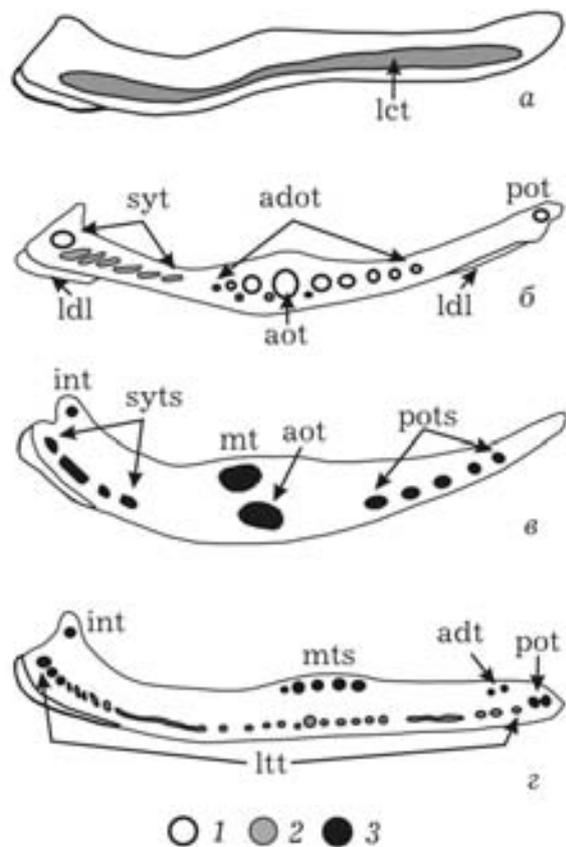


Рис. 2. Мандибулярные пластины меловых химер с режущим озублением; вид лабиального профиля (симфиз – слева), без масштаба: а – *Stoilodon aenigma* Nessov et Averianov, 1996, экз. СГУ 154/646, правая (L87, Км30) пластина; б – *Elasmodectes kiprijanoffi* (Nessov in Nessov et al., 1988[‘1986’]), экз. СГУ 154/549, левая (L29, Км8) пластина (реверс); в – *Lebediodon oskolensis* Nessov et Averianov, 1996b, экз. СГУ 154/516, правая (L39, Км10) пластина; г – *Amylodon karamysh* Averianov et Popov, 1995, голотип СГУ 154/109, левая (L104) пластина (реверс). Условные обозначения: типы плеромина: 1 – переченопластинчатый; 2 – диагонально-пластинчатый и близкие формы (*sensu lato*); 3 – трубчатый (васкулярный). На рис. 2, а внутренняя пластинчатая структура тела плеромина не показана; Сокращения: ldl – рудимент латеральной нисходящей пластинки; тела плеромина соответствующих триторов: adt – дополнительные триторы; adot – дополнительные наружные триторы; aot – передненаружный тритор; int – внутренний тритор; lct – лабиальный режущий тритор; ltt – лабиальная триторная нить; mt – срединный тритор; mts – срединная триторная серия; pot – задненаружный тритор; pots – задненаружная триторная серия; syt – симфизный тритор; syts – симфизная триторная серия; trb – триторный уступ (валик)

эласмодектесов, известные по цельносkeletalным отпечаткам, имеют очень короткое рыло без характерных для ринохимерид развитых роstralных хрящей [35, 36] и не могут быть отнесены к ринохимеридам. Семейство «*Edaphodontidae*» считается сборным, его состав и взаимоотношение с другими семействами химер требуют



филогенетического анализа, что не входит в задачу данной статьи.

Stoilodon aenigma Nessov et Averianov, 1996
Рис. 1, а–в, фототабл. I, фиг. 1а–г, 2а–б

1996a *Stoilodon aenigma*: Несов, Аверьянов, [3, с. 15] [nomen nudum].

1996b *Stoilodon aenigma*: Несов, Аверьянов, [4, с. 6–8, рис. 2, фиг. 1–2].

1999 *Stoilodon aenigma*: Stahl, [5, с. 150, рис. 158, фиг. 1–2].

Голотип. ЦНИГР музей № 10/12963, неполная правая мандибулярная пластина (L96, Km39), нижний мел (верхний альб) – верхний мел (нижний сеноман); Белгородская обл., г. Старый Оскол, Стойленский карьер (Стойленский ГОК), отвалы бывшего ГВК «Стойленский-3», non in situ.

Описание типового материала см. в работе [4, с. 8]. Описание нового материала приведено ниже.

Единственная целая правая мандибулярная пластина (экз. СГУ 154/626, рис. 1, фототабл. I, фиг. 1) наименее крупная (Km 30) в материале по виду, несет развитый лабиальный выступ, сравнительно короткий клюв (86% от Km) и короткий постокклюзивный край (67% от Km), параллельный симфизно-ротовому краю. Лабиальный режущий тритор обнажен на лабиальной поверхности и формирует две выраженные треугольные лабиальные фасетки стирания. Симфизная поверхность высотная, субплоская, медиально осложнена короткой симфизной фасеткой (длина фасетки 40% от Km). Граница окклюзивной поверхности поперечная, латерально подходит к стыку окклюзивного и постокклюзивного краев, в симфизном направлении изгибается медиально. Следы базальных линий нарастания изогнуты и не параллельны: расстояние между смежными линиями сужается латерально.

Неполная, но более крупная левая пластина (экз. СГУ 155/72, фототабл. I, фиг. 2), слабо выгнутая лабиально, с длинным клювом (106% от Km=35) и крупной остроугольной лабиальной вырезкой. Режущий тритор бронирует только кромку окклюзивного края. Поврежденная базальная поверхность пластины показывает распределение пластинок диагонально-пластинчатого плеромина; их S-образный изгиб (фототабл. I, фиг. 2а–б) соответствует форме лабиального края. На осях лабиального выступа и клюва пластины пластинки плеромина уплотняются (размещаются чаще) и залегают более полого, усиливая режущую функцию и прочность плеромина на этих участках.

Размеры изученных образцов в мм: экз. СГУ 154/626: L=87; Km=30; h=11; экз. СГУ 155/72: L=99; Km=35; h=13².

² L – медиодистальная длина пластины; Km – контрольная ширина мандибулярной пластины; h – высота симфизной поверхности (см. рис. 1).

Замечания. Первоначально материал по виду был отнесен к (?) сошниковым зубным пластинам, исходя в первую очередь из внешнего сходства с сошниковыми пластинами современных ринохимер, которые имеют похожие лабиальные вырезки, хотя и менее глубокие [34, табл. 15–16]. Такая интерпретация вызывает возражения, поскольку для сошниковых пластин химер характерно присутствие дистальной площадки крепления (парабазальной поверхности), которая отсутствует у описываемых пластин стойлодонов. Кроме того, околосимфизный рудимент нисходящей пластинки также не характерен для сошниковых пластин химер, где он может присутствовать в дистальной части пластины. Околосимфизное размещение рудимента в виде продольной полоски уплотненной ткани типично как раз для мандибулярных пластин химер родов *Edaphodon* и *Elasmodectes*. Кроме того, пластины стойлодона по общей конструкции аналогичны мандибулярным пластинам эласмодектесов, поэтому их положение в зубной системе можно считать установленным.

К виду отнесена пластина из рязанского региояруса Подмосковья (СГУ 155/72), которая, несмотря на неполную сохранность, показывает ключевые признаки вида: сплошной лабиальный тритор из четкого диагонально-пластинчатого плеромина, пластинки которого S-образно изогнуты в плоскости лабиального выступа, отсутствуют какие-либо окклюзивные триторы, крупный треугольный лабиальный выступ, ориентированный в сходном направлении. Более того, пластина сопоставима по размеру с типовым материалом из Стойленского карьера. Эта находка расширяет географическое и стратиграфическое распространение вида (рис. 3).

Распространение. Бореальный берриас, поздний альб – ранний сеноман Центральной России.

Материал. Кроме голотипа и 3 паратипов (ЦНИГР № 11, 12 и 12а/12963) имеются одна полная пластина (СГУ 154/626), несколько фрагментов мандибулярных пластин в колл. СГУ и ЗИН РАН (все из типового местонахождения), а также экз. СГУ 155/72 из рязанского региояруса Подмосковья.

Stoilodon sp.

Фототабл. II, фиг. 1а – ж.

Материал. Экз. УПМ ЕП-1405, правая мандибулярная пластина; местонахождение Городищи, Ульяновский район, Ульяновская область; зона nikitini, средневожский подъярус, верхняя юра. Сборы В. М. Ефимова, 2005 г.

Описание. Пластина тонкая, режущего типа, умеренно вытянутая медиодистально, сравнительно целая (исключая базальную поверхность). Симфизная поверхность высотная (больше средней толщины пластины), умеренно развернута окклюзивно, в лингвально-медиальном направлении



Таксоны						
		<i>Elasmodectes</i> spp.	<i>Stoilodon aenigma</i>	<i>Stoilodon</i> sp.	<i>Amylodon</i> spp.	<i>Lebediodon oskolensis</i>
Индекс возраста	Pg ₁	dan				▲
	K ₂	maa	X			
cmp		⋮			X	
snt		⋮				
con		⋮				
tur		⋮				
cen		X	X			
K ₁	alb	X	X			X
	apt	⋮	⋮			
	bar	⋮	⋮			
	got	⋮	⋮			
	val	⋮	⋮			
	ber	⋮	X			
J ₃	tit	X		X		X 1
	kim	X				⋮ 2
	oxf	▼				

Рис. 3. Обобщенная схема стратиграфического распространения химер с режущим озублением в верхнеюрских и меловых отложениях мира: 1 – стратиграфическое положение таксонов; 2 – известное для родов стратиграфическое распространение

слабо выгнутая (длина около 50 мм); выпуклая в окклюзивно-базальной проекции.

Симфизно-ротовой и симфизно-базальный края параллельны, исключая медиальную четверть длины обоих краев, где окклюзивная поверхность функционально срезана. Симфизно-ротовой край осложнен продольным триторным уступом, смещенным симфизарно (без тритора), сразу под ним симфизная поверхность несет

продольную борозду. Симфизная площадка не выражена.

Базальная поверхность субплоская, она субгоризонтально срезана (видны следы внутреннего плеромина лабиального тритора), поверхность корродированная покровная ткань частично сохранилась по периметру. Особенности размещения нисходящей пластинки не ясны: возможно, присутствуют полоска вдоль симфизно-базального края (типа *Elasmodectes*) и участок в дистальной части поверхности. Симфизный и пост-окклюзивный края сопоставимы по длине и медиально сходятся.

Ротовая поверхность лучшей сохранности, несет следы поверхностной глянцевої ткани с линиями роста. Интервал между линиями роста в дистальной части пластины постоянен (3–5 мм). Окклюзивный край имеет две лабиальные выемки: остроугольную медиальную и почти прямоугольную дистальную, а также остроугольный (около 80 град.) лабиальный выступ. Последний – ассиметричный, сравнительно короткий.

Лабиальный край пластины бронирован тонким лабиальным тритором. Он сложен диагонально-пластинчатым плеромином, возможно, является цельным (его видимые участки наблюдаются окклюзивно и базально). Реконструкция протяженности лабиального тритора приведена на фототабл. II, фиг. 1ж. Окклюзивные триторы отсутствуют, исключая короткий поперечно-пластинчатый симфизный тритор в вершине клюва; он размещается чуть выше лабиального тритора и, вероятно, входит в его структуру.

Линии роста в плане S-образно изогнуты и в целом повторяют форму лабиального края. Граница окклюзивной и постокклюзивной поверхностей S-образная и также повторяет форму окклюзивного края, окклюзивная поверхность узкая, изогнутая.

Размеры изученного образца в мм. Экз. УПМ ЕП-1405 : L=98, Km=22, h=10.

Сравнение. Описываемая пластина отличается от мандибулярной пластины вида *Stoilodon aenigma* следующими признаками: присутствием выраженного симфизного тритора на клюве в дополнение в режущему лабиальному тритору; менее квадратной формой пластины (более вытянута медиодистально); более длинным постокклюзивным краем и его ориентацией в медиодистальном направлении (а не субпараллельно, относительно симфизно-ротовому краю); выпуклым профилем симфизной поверхности и присутствием симфизного триторного уступа; более коротким и ассиметричным лабиальным выступом, ориентированным более медиально (а не латерально). Возможно, лабиальный тритор не цельный и прерывается.

Признаки, сближающие со стойлодомом: сходная размерность, отсутствие окклюзивных триторов, остроугольный лабиальный выступ и



присутствие диагонально-пластинчатого плеромина вдоль всего (?) окклюзивного края.

Описываемая пластина демонстрирует признаки сходства с видами рода *Elasmodectes* (в частности, с *E. kiprijanoffi*, экз. СГУ № 155/549, L30, Km8.7, h3.5) в общих пропорциях пластины, формой и относительной длиной постокклюзивного края, присутствием поперечнопластинчатого плеромина в структуре симфизного тритора, развитии плероминных единиц по лабиальному краю, присутствием лабиального выступа и S-образной формой линий роста. Признаки отличия более существенны: городищенский экземпляр значительно крупнее, лишен окклюзивных триторов, имеет более развитый лабиальный выступ и более выраженные S-образные линии роста, диагонально-пластинчатый плеромин лучше развит по лабиальному краю, а поперечно-пластинчатый ограничен только симфизным тритором.

Описываемая пластина сближается с голотипом вида *Amylodon karamysh* Averianov et Popov, 1995 из кампана (верхний мел) Поволжья [37, фиг. 2] особенностями строения симфизной части пластины, сходным развитием клюва, толщиной пластины, ее общими пропорциями и размером. Вместе с тем у амилодона лучше развиты окклюзивные триторы (хотя и тонкие), сложенные тонким васкулярным плеромином, более сегментированный лабиальный тритор, представленный комбинацией диагонально- и поперечнопластинчатого плеромина с преобладанием первого, отсутствием лабиальных вырезок и выступа и прямой (не сигмоидной) формой роста пластины, судя по форме линий нарастания.

Отличия от мандибулярных пластин химер *Lebediodon oskolensis* Nessov et Averianov, 1996b из верхнего альба – нижнего сеномана Белгородской области [4, рис. 1, фиг. 7, a–б] также достаточно существенны. Описываемая пластина стойлодонона крупнее, шире и плосче в профиле, с заметно более выямчатым лабиальным краем и лишена как окклюзивных триторов, так и васкулярного плеромина в структуре пластины. У лебедиодона пластина более выгнута медиодистально и вогнута в симфизно-латеральном направлении, лучше развиты окклюзивные триторы и есть лабиальные триторные серии (симфизная и задневнешняя), все триторы сложены исключительно васкулярным плеромином. Все известные мандибулярные пластины лебедиодононов (колл. СГУ и ЗИН РАН) некрупные и имеют сходный размер (Km 7–10).

Замечания. Из приведенного сравнения следует, что экз. УПМ ЕВ-1403 наиболее близок к мандибулярным пластинам *Stoilodon aenigma*, хотя есть значимые признаки отличия, которые можно интерпретировать как характеризующие примитивное состояние. По ряду признаков также наблюдается мозаичное сходство с амилодононами и в меньшей степени с эласмодектесами и лебедиодононами, что может объясняться близким мор-

фофункциональным устройством сравниваемых зубных пластин.

Признаки отличия от пластин *Stoilodon aenigma* могут быть достаточными для выделения отдельного вида рода *Stoilodon*, но ограниченность материала и его плохая сохранность позволяют рассматривать описываемую пластину как вид рода *Stoilodon* в открытой номенклатуре.

Обсуждение

Вид *Stoilodon aenigma* Nessov et Averianov, 1996b был описан по «...4 фрагментам (?) сошниковых пластин» [4, с. 8]. Находка целой мандибулярной пластины *Stoilodon aenigma* (экз. СГУ № 154/626) позволяет однозначно решить вопрос в пользу мандибулярных пластин, поскольку эта пластина имеет все характерные признаки мандибулярных пластин химер (см. выше). Продольное повреждение окклюзивной поверхности и соответствующий ему поперечный излом пластины (рис. 1, а, фототабл. I, фиг. 1, а–б) указывают на характерное место разлома широких и относительно тонких пластин стойлодононов, что демонстрирует типовой материал. При этом 3 из 4 пластин (экз. ЦНИГР № 10/12963, 11/12963, 12/12963) являются медиальными половинами целых пластин; последний же образец (экз. ЦНИГР № 12a/12963), наоборот, дистальной половиной. Характерная фрагментарность пластин появилась, очевидно, вторично при транспортировке плоских пластин ленточным транспортером на отвалы, в ходе чего они обычно ломались по продольной линии в месте изгиба профиля пластины, чуть латеральнее лабиального выступа. Такая сохранность пластин и послужила, возможно, одной из причин их ошибочной ассоциации с сошниковыми пластинами.

Учитывая сходство мандибулярных пластин стойлодононов и эласмодектесов («... режущая функция, присутствие «нитевидного» наружного тритора, уникальная конструкция восходящей пластины» [33, с. 28]), ранее было высказано предположение, что крупные пластины *Stoilodon aenigma* являются взрослыми возрастными стадиями более мелких пластин *Elasmodectes kiprijanoffi* Nessov in Nessov et al., 1986 [‘1988’]), для которого первый может, таким образом, являться младшим синонимом [6; 33]. Четырехкратная разница в размерах пластин этих химер, отсутствие срединного тритора у стойлодонона, а также более глубоко вырезанный лабиальный край интерпретировались как проявление возрастных изменений, с чем связано усиление режущей функции пластин стойлодононов [33]. Новые данные позволяют пересмотреть эту концепцию. Несмотря на постоянно пополняющиеся сборы из Стойленского карьера, отсутствуют переходные по морфологии формы между эласмодектесом и стойлодоном, сохраняется размерный разрыв мандибулярных пластин (для *Elasmodectes* Km = 4–11, для *Stoilodon* Km = 30–40). Даже фраг-



ментарные остатки стойлодонов отсутствуют в других регионах распространения эласмодектесов как юрского, так и мелового возраста. Например, в крупных коллекциях химер из альбо Англии, хранящихся в соответствующих музеях в Лондоне, Кембридже и Киуорте, остатки стойлодонов отсутствуют. Материал этих коллекций собирался в XIX в. с естественным фокусом на средне- и крупноразмерные образцы химер – как раз мелкие пластины эласмодектесов и лебедиодонов единичны в силу такой избирательности при сборах и обнаружены в коллекциях лишь недавно [1]. Некоторые морфологические отличия стойлодонов от эласмодектесов оказывается затруднительно интерпретировать как возрастные (более короткий постокклюзивный край и иная (параллельная) ориентация к симфизно-ротовому краю, цельный лабиальный тритор из диагонально-пластинчатого плеромина). Кроме того, некоторые из известных скелетных остатков самцов юрского *Elasmodectes avitus* (von Meyer, 1862) несут головные (фронтальные) класперы (напр., экз. SMNS 80142/16; SOS 3149a). Класперы появляются у химер при взрослении и у молодых особей не известны (Д. Дидье-Дагит, личное сообщ., 2010 г.). Это позволяет рассматривать эласмодектесов как половозрелых особей химер некрупных размеров. Приведенные факты позволяют предполагать независимость родов и их совместное нахождение в комплексе альба – сеномана Белгородской области, где на долю эласмодектеса приходится 5,1% находок мандибулярных пластин, а стойлодона – 0,3% [2]. Отсутствие в ориктокомплексе находок пластин «молодых стойлодонов» может указывать на возможное географическое разделение возрастных стадий этих химер. Присутствие с стойленском палеобиоценозе таких крупных химер с высокоспециализированной режущей зубной системой могло быть связано с их возможной пищевой адаптацией к падалеядению – поеданию остатков морских позвоночных (рыб, рептилий), обильных в данном сообществе. Взрослые стойлодоны могли заплывать в эту часть бассейна для нагула из других акваторий, где они размножались и росли.

При первоописании стойлодона [4] было высказано предположение, что «сошниковые» пластины этого вида могли принадлежать очень крупной рыбе с длиной тела около 5 м. Такой расчет был сделан, исходя из размеров пластин стойлодона и соотношения размеров сошниковых пластин современной ринохимеры с длиной ее тела. Учитывая пересмотр положения этих пластин в зубной системе как мандибулярных, возможно заново оценить размер тела этих химер. Отношение медиодистальной длины (L) мандибулярных пластин к полной длине тела (TL) рыбы у современных химер всех известных семейств составляет 4–6% (ЕВП, личное набл.), тогда как у эласмодектесов пластины были немного крупнее. Среди известных отпечатков тел вида

Elasmodectes avitus (von Meyer, 1862) из титонских литографских известняков Баварии несколько образцов позволяют рассчитать отношение L к TL в пределах 8–9% (экз. SMNS 51427: L17, TL195; экз. TM 6599 и 6600 (отпечаток и противотпечаток): L24, TL304). Для целой пластины стойлодона СГУ 164/624 (L87, Km30) длина тела ее обладателя могла составлять 97–108 см. Все остальные известные пластины стойлодонов фрагментарны и характеризуются контрольной шириной (Km) в интервале 30–40 мм. Так как Km соответствует 1/3 от величины L пластины, размеры тел стойлодонов могли составлять 100–150 см (длина тела позднерурских эласмодектесов, известных по полным отпечаткам, составляла 20–40 см; ЕВП, личные набл.).

Сошниковые пластины для стойлодонов пока не описаны, но к этому роду может быть отнесен фрагмент пластины из средневожских отложений (зона ?*virgatus*) Подмосквы (ЛФР-7-2-бис), определенный как *Elasmodectes sp.* [27, рис. 4, к-л, табл. II, фиг. 6]. Из другого разреза в Подмоскве (Кунцево) известна находка фрагмента мандибулярной пластины стойлодона в отложениях средневожского подъяруса (зона *nikitini*). Эта пластина (колл. В.Р. Ляпина, личное сообщ., 2010 г.) близка по строению к стойленским экземплярам, но имеет менее развитый лабиальный уступ, тонкие и более четкие базальные линии нарастания и округлое (в профиле) утолщение лабиального тритора в наиболее симфизной его части (на апексе клюва). Таким образом, факт присутствия стойлодонов в терминальных отложениях юры можно считать установленным. Из этого следует, что род мог появиться ранее, в поздней или даже в средней юре. Возможная исходная форма мандибулярных пластин усматривается в обр. СГУ б/н (L73, Km26) из нижнекекловейских отложений (зона *elatmae*) Костромской области (разрез Михаленино), который был ранее цитирован как *Elasmodectes cf. kiprijanoffi* [27]. Эта пластина необычно крупная для эласмодектесов и несет плохо сохранившуюся, но цельную латеральную нисходящую пластинку. Аналогичная по размеру и строению пластина найдена также в «нижней оксфордской глине» (келловей) района г. Питерборо (Кембриджшир, Англия; Э. Мэсью-Равен, личное сообщ., 2010 г.).

Существование в меловом периоде четырех родов химер с режущей зубной системой (три из которых существовали одновременно в одном сообществе, см. рис. 3) указывает на достаточность пищевой базы. Вместе с тем отличия в строении мандибулярных пластин химер этих родов (см. рис. 2) указывают на разные пути эволюции режущей функции зубной системы. При существующей неполноте сведений о других пластинах зубной системы данных химер сложно судить об их родственных отношениях, равно как и о связи с современной ринохимерой, мандибулярные пластины которой совершенно лишены триторов.



Заключение

На основании вышеизложенного, можно сформулировать некоторые выводы:

1) род *Stoilodon* Nessov et Averianov, 1996b можно считать вполне валидным;

2) изученный материал показал, что химеры рода *Stoilodon* были более широко распространены как географически в пределах Русской плиты (Центральная Россия и Поволжье), так и стратиграфически (верхняя юра, средневолжский подъярус – мел, верхний альб – нижний сеноман);

3) предполагается домеловое происхождение рода (поздняя или средняя юра);

4) установлено, что размер тела стойлодонов не превышал 1,5 м;

5) отсутствие сошниковых и небных пластин для стойлодона затрудняет пока установление взаимоотношений с другими мезозойскими химерами с режущим озублением (*Amylodon*, *Elasmodectes*, *Lebediodon*) и современного аналога (*Rhinochimaera*).

Авторы благодарны палеонтологам К. М. Шаповалову и А. В. Ступаченко (г. Москва) за возможность изучения пластин *Stoilodon aenigma* (154/626) и *St. sp.* (155/72) соответственно, В. Р. Ляпину (г. Москва) и Э. Мэсью-Равен (Mr. Evangelos R. Matheau-Raven, Питерборо, Англия) за информацию о новых находках химер в верхнеюрском разрезе Кунцево в Москве и из келловейской оксфордской глины района Питерборо, Англия, соответственно, д-ру Рональду Ботчеру (Dr. Ronald Böttcher, музей естественности в Штутгарте, Германия), д-ру Мартине Кебл-Эберт (Dr. Martina Kölbl-Ebert, юрский музей, Айхштадт, Германия) и Берту Слигерсу (Mr. Bert Sliggers, музей Тейлера, Гарлем, Голландия) за возможность изучения остатков химер в коллекциях музеев в 2008 г.; М.А. Григорьеву (г. Саратов) за помощь в механическом препарировании экз. СГУ № 155/72; д-ру биол. наук А.О. Аверьянову (ЗИН РАН, Санкт-Петербург) за ценные замечания по первой версии статьи; Дэвиду Уорду (Mr. David Ward, Орингтон, Англия) за исправление английской аннотации.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 10-05-000926-а).

Библиографический список

1. Popov E. V. A revision of the chimaeroid fishes (Holocephali, Chimaeroidei) from the British Cretaceous // Acta Geologica Polonica. 2008. Vol. 58 (2). P. 243–247.
2. Popov E. V., Averianov A. O. Early Cretaceous holocephalans from Belgorod Province, Russia: the Mesozoic success of a Paleozoic group // Obruchev Symposium Evolutionary Palaeoichthyology (Moscow, 13–16 March 2001). Programme and Abstracts Volume. Moscow, 2001. P. 41–42.
3. Несов Л. А., Аверьянов А. О. Древние химерообразные рыбы России, Украины, Казахстана и Средней Азии :

в II ч. I. Некоторые экологические особенности химер и обзор местонахождений // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 7. 1996. Вып. 1(7). С. 11–19.

4. Несов Л. А., Аверьянов А. О. Древние химерообразные рыбы России, Украины, Казахстана и Средней Азии : в II ч. II. Описание новых таксонов // Там же. Вып. 3(21). С. 3–10.

5. Stahl B. J. Handbook of Paleoichthyology. Part 4. Chondrichthyes III. Holocephali / H.-P. Schultze (ed.). Munchen, 1999. С. 1–164.

6. Попов Е. В. Меловые и палеоценовые химеровые рыбы (Holocephali, Chimaeroidei) юга Европейской России (морфология, система, стратиграфическое распространение). Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Саратов, 2004. 24 с.

7. Несов Л. А., Мертинене Р. А., Головнева Л. Б., Попова О. Р., Саблин М. В., Абрамов А. В., Бугаенко Д. В., Налбандян Л. А., Назаркин М. В. Новые находки остатков древних организмов в Белгородской и Курской областях // Комплексные исследования биогеоценозов лесостепных дубрав, Л., 1988. С. 124–131.

8. Иванов А. В. Каталог местонахождений маринакулат. Саратов, 1996. 110 с.

9. Олферьев А. Г., Алексеев А. С. Стратиграфическая шкала верхнемеловых отложений Восточно-Европейской платформы : объяснительная записка. М., 2005. 204 с.

10. Габдуллин Р. Р. Ритмичность верхнемеловых отложений Русской плиты, Северо-Западного Кавказа и Юго-Западного Крыма (строение, классификация, модели формирования). М., 2002. 304 с.

11. Герасимов П. А., Митта В. В., Качанова М. Д. Ископаемые волжского яруса Центральной России. М., 1995. 116 с.

12. Митта В. В. Аммониты и зональная стратиграфия средневолжских отложений Центральной России. Киев, 1993. 132 с.

13. Митта В. В. Новые данные о возрасте подошвы рязанского яруса // Стратигр. геол. кор. 2005. Т. 13, вып. 5. С. 51–59.

14. Герасимов П. А., Михайлов Н. П. Волжский ярус и единая стратиграфическая шкала верхнего отдела юрской системы // Изв. АН СССР. Сер. Геол. 1966. №2. С. 118–138.

15. Герасимов П. А. Юрская система // Геология СССР. Центр Европейской части СССР. Геологическое описание. М., 1971. Т. IV, вып. 7. С. 373–416.

16. Пименов М. В., Гужиков А. Ю., Рогов М. А. Предварительные материалы магнитостратиграфического изучения верхнекимериджского подъяруса – волжского яруса (с. Городищи, Ульяновская обл.) / под ред. В. А. Захарова, М. А. Рогова, О. С. Дзюба // «Юрская система России : проблемы стратиграфии и палеогеографии : материалы Первого Всерос. совещания. М., 2005. С. 191–192.

17. Тесакова Е. М., Рогов М. А. Палеоэкологический анализ верхнеюрских ассоциаций остракод и аммонитов Поволжья (разрез Городищи) / под ред. Г. В. Калабина, З. А. Бессудновой, М. Н. Кандинова, И. А. Стародубцевой // Проблемы региональной геологии: музейный ракурс. М., 2004. С. 182–184.

18. Рогов М. А., Киселев Д. Н. Кимериджские отложения России и сопредельных регионов : путеводитель геологической экскурсии. М., 2007. 35 с.

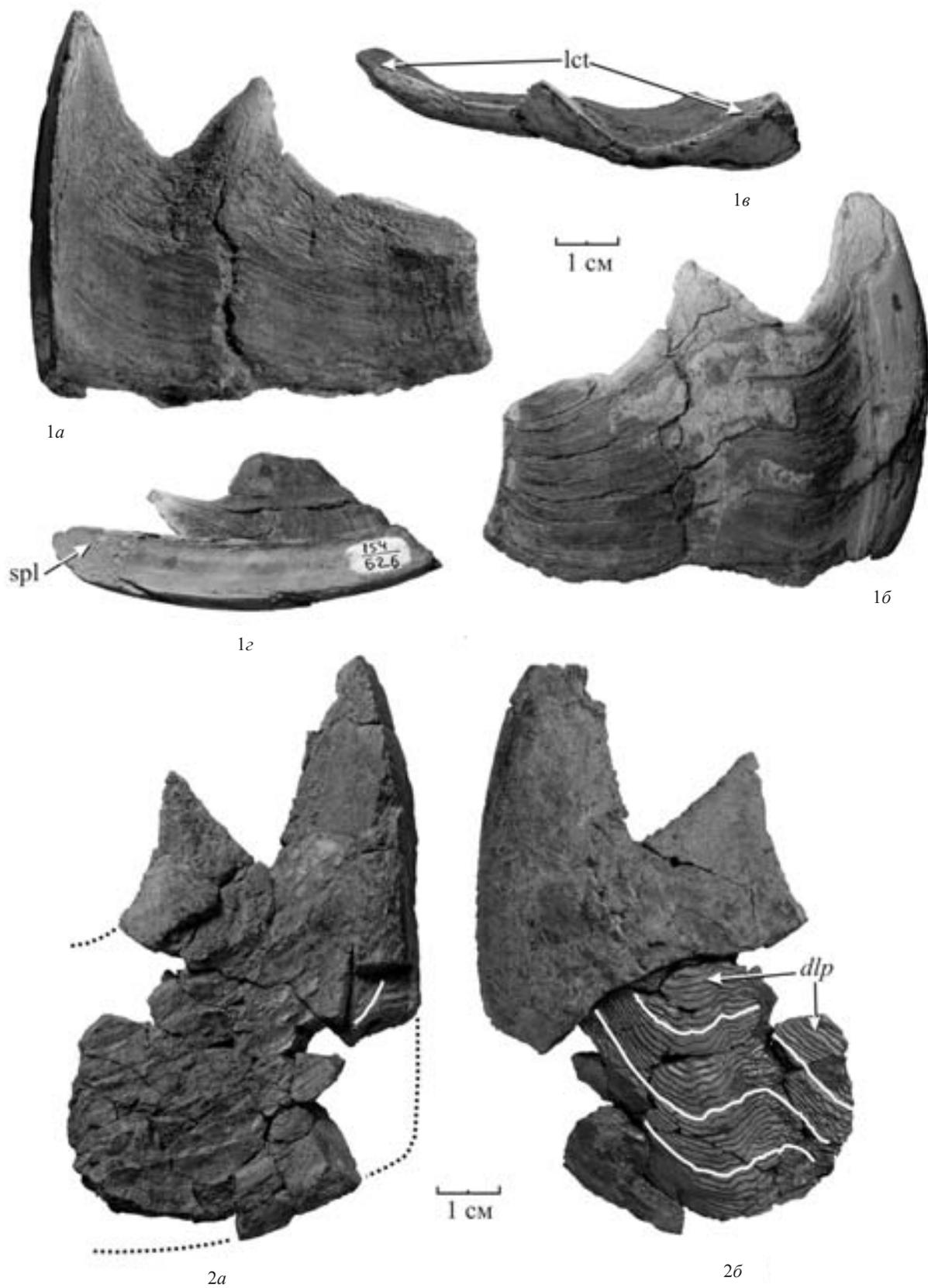


19. Rogov M. A precise ammonite biostratigraphy through the Kimmeridgian-Volgian boundary beds in the Gorodischi section (Middle Volga area), and the base of the Volgian stage in its type area // *Vollumiana Jurassica*. 2010. Vol. VIII. P. 103–130.
20. Попов Е. В., Ефимов В. М., Ефимов В. В. О первых находках остатков верхнеюрских хрящевых рыб в Городищенском разрезе (Ульяновская область) // Современная палеонтология : классические и новейшие методы : тез. докл. III Всерос. науч. школы молодых ученых-палеонтологов (совместно с XLVI конференцией молодых палеонтологов МОИП)(3–5 октября 2006 г., Москва). М., 2006. С. 55–56.
21. Ефимов В. М. О тафономии позднеюрских и раннемеловых ихтиозавров Ульяновского Поволжья // Палеонтол. журн. 2001. Вып. 2. С. 81–83.
22. Ефимов В. М. Позднеюрские и раннемеловые ихтиозавры Среднего Поволжья и Подмосковья. Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Саратов, 1997. 24 с.
23. Ефимов В. М. Тафономия морских рептилий мезозоя Ульяновского Поволжья // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд-ние геол. 1991. Т. 66, вып. 1. С. 130.
24. Попов Е. В. Новые данные по морфологии зубных пластин химеровых рыб рода *Ischyodus* из мела и палеогена Центральной России и Поволжья / под ред И. С. Даревского, А. О. Аверьянова // Материалы по истории фауны Евразии : Тр. Зоол. ин-та РАН. 1999. Т. 277. С. 67–82.
25. Попов Е. В. Новый род слоновых химер (Holocephali : Callorhynchidae) из верхнего келловоя Саратовского Поволжья, Россия // Палеонтол. журн. 2003. № 5. С. 59–66.
26. Попов Е. В., Безносков П. А. Остатки химер (Holocephali : Chimaeroidei) из верхнеюрских отложений Республики Коми / под ред. А. Ю. Розанова, А. В. Лопатина, П. Ю. Пархаева // Современная палеонтология : классические и новейшие методы – 2006. М., 2006. С. 55–64.
27. Попов Е. В., Шаповалов К. М. Новые находки химеровых рыб (Holocephali, Chimaeroidei) в юре Европейской части России / под ред. А. Ю. Розанова, А. В. Лопатина, П. Ю. Пархаева (ред.) // Там же. М., 2007. С. 25–47.
28. Попов Е. В. Использование онтогенетических рядов при изучении зубных пластин мел-палеогеновых химеровых рыб // Палеонтология на рубеже столетий (к 80-летию Палеонтологического общества) : тез. докл. XLII сессии Палеонтологического об-ва РАН (29 января – 2 февраля 1996 г.). СПб., 1996. С. 69–70.
29. Попов Е. В., Ярков А. А. Новый гигантский *Edaphodon* (Holocephali : Edaphodontidae) из березовских слоев (нижний палеоцен) Волгоградского Поволжья // Палеонтол. журн. 2001. № 2. С. 76–80.
30. Ward D. J., Grande L. Chimaeroid fish remains from Seymour Island, Antarctic Peninsula // *Antarctic Sci*. 1991. Vol. 3 (3). P. 323–330.
31. Ørvig T. Histologic studies of ostracoderms, placoderms and fossil elasmobranch. 5. Ptyctodontid tooth plates and thier bearing on holocephalan ancestry ; the condition of chimaeroids // *Scripta Zool*. 1985. Vol. 14. P. 55–79.
32. Нельсон Д. С. Рыбы мировой фауны : пер. 4-го перераб. англ. изд. / предисловие и толковый словарь Н. Г. Богучковой, А. М. Насеки, А. С. Герда. М., 2009. 880 с.
33. Попов Е. В. К вопросу о «гигантизме» некоторых ископаемых химеровых рыб (Holocephali, Chimaeroidei) // Геологические науки – 98 : тез. докл. науч. конф. Саратов, 1998. С. 28–29.
34. Herman J., Hovestadt-Euler M., Hovestadt D. C. Contributions to the study of the comparative morphology of teeth and other relevant ichthyodorulites in living supraspecific taxa of Chondrichthyan fishes. Part C : Holocephali. 1 : Order Chimaeriformes – Suborder Chimaeroidei – family Callorhynchidae – subfamily Callorhynchinae – genus *Callorhynchus*, family Chimaeridae – Genera: *Chimaera* and *Hydrolagus*, family Rhinochimaeridae – Genera : *Harriotta*, *Neoharriotta*, and *Rhinochimaera* // *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences naturelles de Belgique. Biologie*. 2001. Vol. 71. P. 5–35.
35. Woodward A. S. The Fossil Fishes of the English Chalk. London, 1908–1911. Part. VI. P. 185–224.
36. Duffin C. Plattenkalk Late Jurassic chimaeroids // Fourth Intern. Meeting on Mesozoic fishes – systematics, homology, and nomenclature (Miraflores de la Sierra, Madrid, Spain, August 8–14, 2005). Madrid, 2005. P. 83–86.
37. Averianov A. O., Popov E. V. A new species of chimaeroid fish from the Upper Cretaceous of the Saratov region, Russia // *Palaeontology*. 1995. Vol. 38, part 3. P. 659–664.



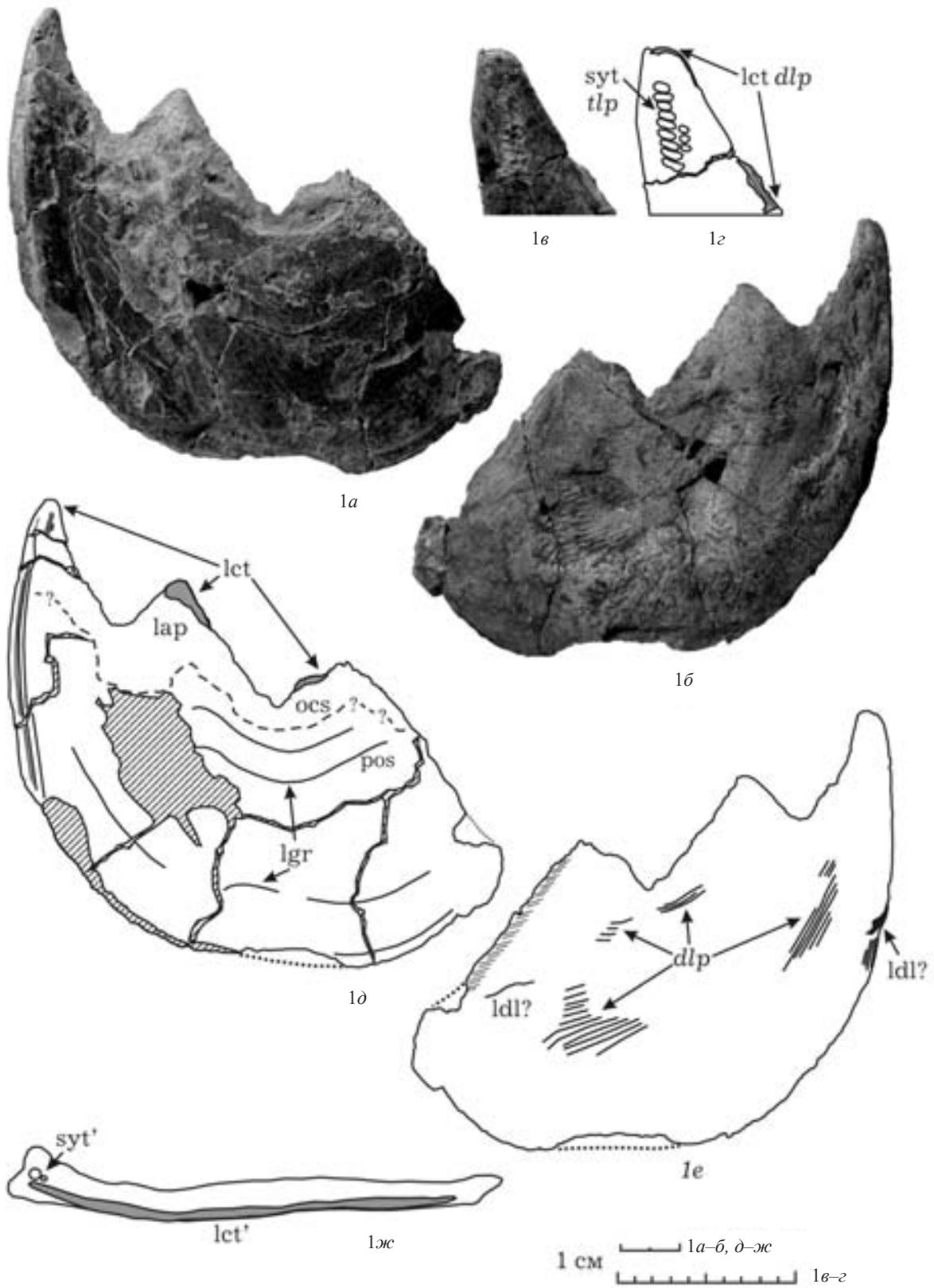
Приложение

Фототаблица I





Фототаблица II





Фототаблица I

Мандибулярные зубные пластины химер *Stoilonodon aenigma* Nesson et Averianov, 1996b из нижнего мела европейской части России.

Фиг. 1. Экз. СГУ 154/626, правая пластина (L87, K30), Стойленский карьер, Белгородская область; людиновская и полпинская свиты (non in situ), верхний альб – нижний сеноман, меловая система: 1а – вид симфизно-ротовой поверхности; 1б – вид базальной поверхности; 1в – вид с лабиального края. Кол. К.М. Шаповалова, 2001 г.

Фиг. 2. Экз. СГУ 155/72, левая пластина (L99, K35), ЛФР-12, Московская область; зона Riasanites rjasanensis, рязанский региоярус (горизонт), бер-риасский ярус, нижний мел; 2а – вид ротовой поверхности; 2б – вид базальной поверхности. Сборы А.В. Ступаченко, 2004 г. Белая линия на 2а – б показывает форму и простираание пластинок диагонально-пластинчатого плеромина, слагающих лабиальный тритор; точечный пунктир (2а) – восстановленные части пластины;

сокращения: *dlp* – диагонально-пластинчатый плеромин; *lct* – лабиальный режущий тритор; *spl* – симфизная площадка

Фототаблица II

Правая мандибулярная (L98, Km22) пластина *Stoilonodon sp.*, экз. УПИМ ЕП-1405; местонахождение Городищи, Ульяновский район, Ульяновская область; зона nikitini, средневолжский подъярус, верхняя юра. Сборы В.М. Ефимова, 2005 г.

Фиг. 1а–в – изображение пластины; фиг. 1г–е – морфологическая интерпретация: 1а, 1д – вид симфизно-ротовой поверхности; 1б, 1е – вид базальной поверхности; 1в, г – деталь строения клюва, вид ротовой поверхности; 1ж – реконструированный лингвальный профиль; косой штриховкой (фиг. 1д) показаны поврежденные поверхности; пунктир (фиг. 1д) – граница окклюзивной и постокклюзивной поверхностей; точечный пунктир (фиг. 1д-е) – восстановленные части пластины;

сокращения см. на рис. 1, а также: *dlp* – диагонально-пластинчатый плеромин; *tlp* – поперечно-пластинчатый плеромин; *syt* – симфизный тритор; *syt'* – тело плеромина симфизного тритора(ов); *trb* – триторный уступ (валик)

УДК 553.24.065

НЕКОТОРЫЕ ЧЕРТЫ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ МИНДАЛЕКАМЕННЫХ БАЗАЛЬТОВ ТУРИНСКОЙ СЕРИИ КУШМУРУНСКОГО ГРАБЕНА (Тургайский прогиб)

Д. А. Шелепов

Саратовский государственный университет
E-mail: Shelepov@renet.ru



В статье рассмотрены некоторые особенности гидротермального изменения миндалекаменных базальтов туринской вулканогенно-осадочной серии. Изучены состав и взаимоотношение минеральных компонентов, выполняющих миндалины. Чередование слоистых силикатов и цеолитов свидетельствует об изменении состава и физико-химических характеристик минералообразующего раствора. Основными движущими факторами этого процесса, осуществляющего постоянное взаимодействие раствор-порода, являются циклическое образование зон растяжения, внедрение даек и периодически возобновляющаяся трещиноватость, которые характерны для зон рифтогенеза (тафрогенеза).

Ключевые слова: гидротермальные изменения, базальты, туринская серия, тафрогенез.

Some Features of Hydrothermal Transition Amygdaloidal Basalts Turin Series Kushmurunskogo Graben (Turgay Trough)

D. A. Shelepov

The article discusses some features of hydrothermal alteration of basaltic amygdaloidal Turin volcanogenic-sedimentary series. The composition and the relationship of mineral components performing tonsils. The alternation of layer silicates and zeolites, indicating a change in

the composition and physico-chemical characteristics of the mineral solution. The main drivers of this process, carrying out a permanent solution-rock interaction are the cyclic formation of zones of tension, the introduction of dikes and periodically renewed fractures, which are characteristic of rift zones (tafrogenеза).

Key words: hydrothermal alteration, basalts, Turin series, tafrogenез.

Петрографические и минералого-термобаро-геохимические исследования керн вулканогенно-осадочных пород туринской серии на месторождениях бентонитовых глин «Верховое» и «Южное» показали, что гидротермальные изменения пород исследуемой территории проявляются в развитии процессов пропилитизации (аргиллизированных пропилитов), кислотного выщелачивания, гидротермальной аргиллизации и глеевого эпигенеза.

Локализация продуктов гидротермального изменения пород контролируется приуроченностью к определенным частям липаритовых куполов, покровам базальтов или дайкам долеритов, а также положением тектонических нарушений и проницаемостью самих вулканитов. Перечисленные процессы приводят к формированию метасомати-



ческой зональности, которая закономерно меняется по фронту движения гидротермальных растворов.

Поскольку подробному изучению гидротермально и эпигенетически измененных пород посвящена специальная работа А. Д. Коробова [1], то мы не будем подробно останавливаться на характеристике этих образований, а отметим их наиболее интересные особенности, установленные нами в процессе работы.

Наблюдения в шлифах показали, что начальная стадия изменения фиксируется зоной аргиллизированными низкотемпературными пропилитами, приуроченными к центральным частям риолитовых экструзивов, которая выше по разрезу переходит в зону кислотного выщелачивания. Протекание пропилитизации в липаритах и вмещающих их базальтов и долеритов заметно различается.

Аргиллизированные низкотемпературные пропилиты в пределах липаритовых куполов сложены адуляром и кварцем, в них также развиты смектиты, карбонаты, анальцит, клиноптилолит, гейландит, морденит и пирит.

Породы липаритового состава содержат оплавленные фенокристаллы первичных минералов – полевого шпата и биотита, которые замещаются мозаичным кварцем и адуляром. Нередко наблюдается полосчатое чередование агрегатов ксеноморфного кварца, калиевого полевого шпата и гематита. Многие образцы изобилуют мелкими секущими прожилками мощностью 1–2 мм, выполненными цеолитами, кварцем и адуляром. Адуляр замещается цеолитами с сохранением формы первого. Количество цеолитов составляет 10–15% в низах разреза и увеличивается вверх по разрезу до 15–20%, где начинает преобладать монтмориллонит. Монтмориллонит находится в тесной парагенетической ассоциации с низкотемпературным кристаболитом и примесью калинита. Иногда в породе присутствует шабазит.

Базальты образуют лавовые покровы, мощность которых может достигать 100 м. В строении отдельных покровов прослеживается закономерное распределение базальтов различной степени раскристаллизации. Обычно подошва и кровля сложены миндалекаменными разностями с пузырьчатой текстурой, к центральной же части покровов лавы сменяются полнокристаллическими базальтами, имеющими массивную текстуру. Основные интрузивные тела сложены долеритами и мало чем отличаются от полнокристаллических базальтов центральных частей потоков, как по составу так и петрохимическим особенностям [2]. По форме и условиям залегания они образуют горизонтальные пластовые тела (силлы), согласные с вмещающей их толщей базальтов. Свежие базальты очень прочные и имеют темную окраску. Но на участках, примыкающих к экструзивным куполам липаритов, достигающих до 1,5 км, они сильно раздроблены. В большинстве случаев свежие базальты сильно трещиноваты, брекчированы и изобилуют зеркалами скольжения.

Наиболее свежими оказываются плотные, монолитные слабопроницаемые породы, но даже они несут следы изменения. В частности, это касается тел долеритов, имеющих, как правило, крупнокристаллическую структуру. Плаггиоклазы остаются свежими, иногда они серицитизированы, а редкие включения стекла серицитизированы. Темноцветные минералы, в первую очередь оливин и приоксены, с различной интенсивностью замещаются хлоритом, карбонатом, иногда кварцем. Базис фрагментарно хлоритизирован и смектитизирован, карбонатизирован, иногда замещен иддингситом и гематитом. Везикулы и миндалины выполнены частично смектитизированным хлоритом, который часто ассоциирует с карбонатами (кальцитом), кварцем. Основная же масса плаггиоклазов не подвергается изменению. Очень часто порода рассечена карбонатными прожилками.

В базальтах аргиллизированные низкотемпературные пропилиты развиваются по миндалекаменным трещиноватым базальтам, которые имеют контакт с липаритами и продуктами их изменения. Миндалекаменные разности базальтов сильно изменены. Мезостазис в различной степени замещен гидрослюдой, хлоритом, равномерно размещены глинистые минералы или гидроокислы железа. Плаггиоклазы в различной степени гидрослюдизированы и карбонатизированы. Темноцветные минералы преимущественно хлоритизированы, по трещинкам у них развивается красновато-коричневое вещество, похожее на иддингсит, иногда наблюдается замещение мелкозернистым или гранулированным кварцем, с которым практически всегда ассоциирует адуляр. При этом кварц образует радиально-лучистые агрегаты. Адуляр присутствует и в основной массе, образуя монокристаллы, ассоциируя с кварцем, и в последствии интенсивно замещается глинистым веществом. В породах присутствует пирит в количестве 5–7% площади шлифа.

Многочисленные везикулы и миндалины зонально сложены селадонитом, смектитами, цеолитами, хлоритом, кварцем (халцедоном) и кальцитом. Причем слоистые силикаты образуют каемки различной толщины на стенках миндалин, а кварц (халцедон) и кальцит заполняют оставшееся свободное пространство полости. Очень часто наблюдается укрупнение миндалин за счет их слияния и разрастания, в результате они приобретают сложные асимметричные формы с несколькими центрами кристаллизации. Размер отдельных миндалин может варьироваться от десятых долей миллиметра до 1,5 см.

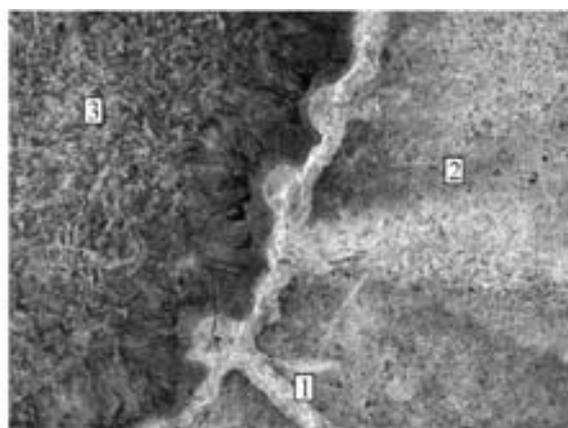
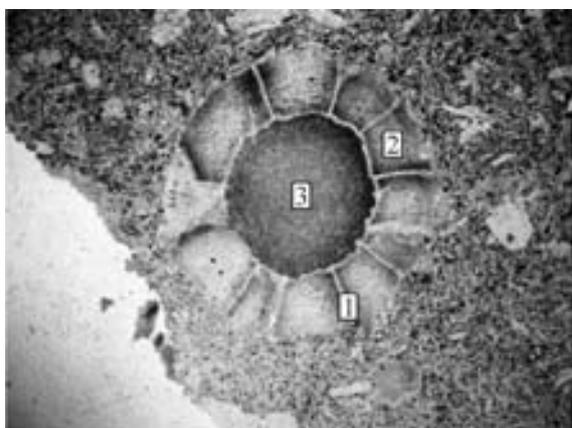
Так, в полностью аргиллизированном базальте скв. № 344/5, глуб. 86,1 м. (рис. 1) стенки миндалин выполнены хлорит-смектитовым агрегатом, а ее центральная зона – смесью селадонита и цеолитов. Однако в шлифе отчетливо наблюдается, как миндалина рассекается трещинками (каналами), секущими первичную хлорит-селадонитовую минерализацию. Каналы заполнены цеолитами, имеющими низкий показатель преломления.



Иногда в шлифах скв. № 50 (рис. 2) наблюдаются отдельные миндалины, выполненные по периферии хлорофеем и хлорит-селадонитом,

которые в дальнейшем цеолитизируются и гидрослюдаются.

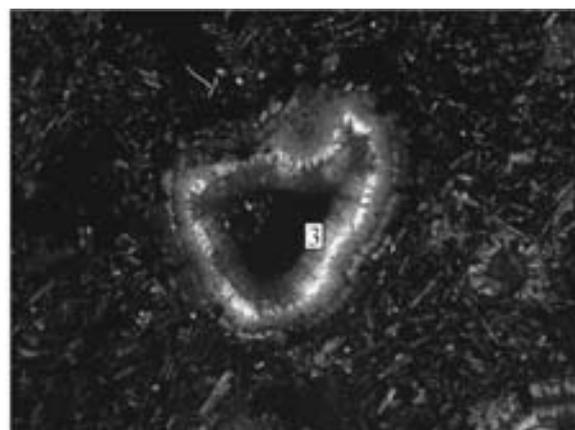
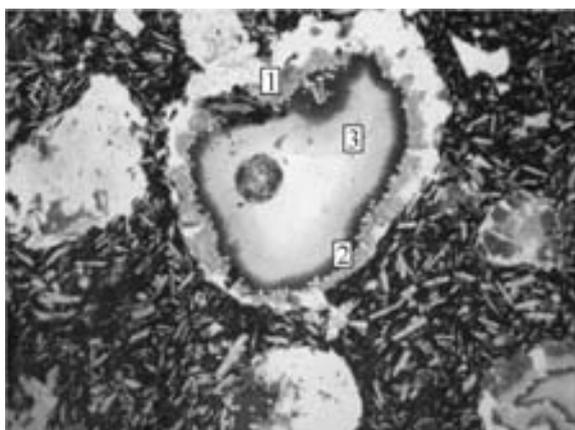
В образце № 352/24, глуб. 143,5 м (рис. 3)



a

б

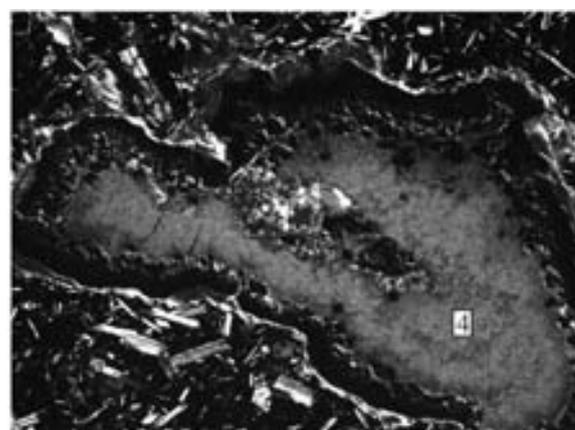
Рис. 1. Миндалины в полностью аргиллизированном базальте с каналами циркуляции гидротермальных растворов, выполненная цеолитами (1), хлоритом (2) и селадонитцеолитами (3); скв. № 344/5, глуб. 86,1 м.: *a* – ник. II, ув. 25; *б* – ник. II, ув. 100



a

б

Рис. 2. Миндалины в базальте, зонально выполненная хлоритом (1), цеолитами (2), хлорит-селадонитовой массой, переходящей в гидрослоду (3); скв. 50, ув. 100: *a* – ник. II; *б* – ник. +



a

б

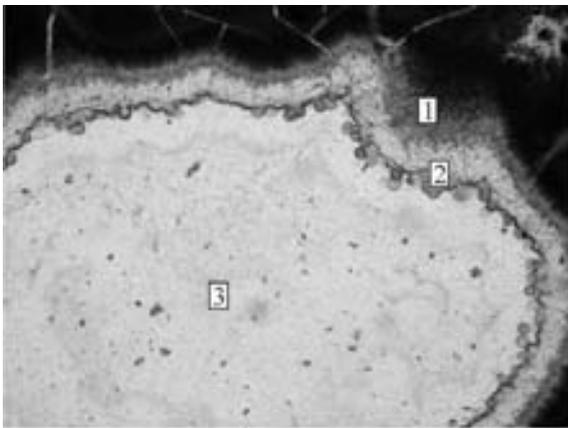
Рис. 3. Базальт миндалекаменный: *a* – ник. II, ув. 200; центральная часть миндалины с реликтами хлорита (1), замещающегося почкообразными цеолитами (2), центральный участок выполнен халцедоном (3); *б* – ник. +, ув. 100, селадонит (4); скв. 352/24, глуб. 143,5 м



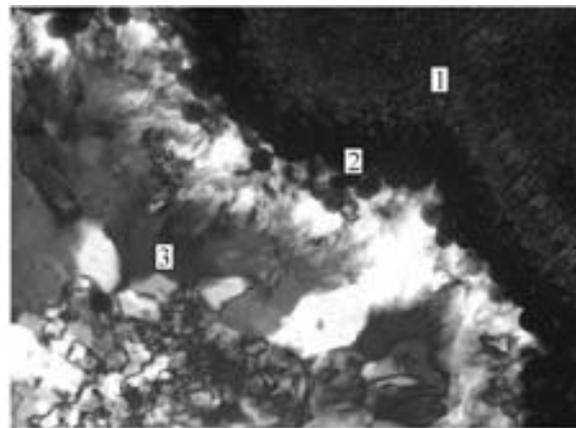
миндалины имеют несколько удлиненную форму, их стенки частично выполнены тонкодисперсным хлоритом светло-зеленого цвета с низкой зеленовато-серой интерференционной окраской, переходящим в селадонит, заполняющий оставшееся пространство миндалины. Между хлоритом и селадонитом наблюдается более поздняя зона проработки, выполненная цеолитами с низким показателем преломления, внедряющиеся в селадонит в виде округлых почкообразных сферолитовых выделений. Иногда в центральной части миндалин наблюдаются участки, выполненные этими же цеолитом и халцедоном. Контакты между цеолитом и халцедоном четкие. Причем халцедон по отношению к цеолитам, по видимому, является более поздней фазой, так как трещины и жилки, за-

полненные халцедоном, секут цеолиты, а также предыдущие зоны.

В этом же шлифе (рис. 4) наблюдается миндалина, по периферии выполненная реликтами хлорита, которая сменяется зоной почкообразных агрегатов цеолита, обладающего низкими показателями преломления с незначительными реликтами селадонита. Центральная часть миндалины выполнена более поздним халцедоном, который образует кайму, повторяющую форму почек цеолита. На участках непосредственного контакта халцедона с цеолитом последний хорошо раскристаллизован и образует радиально-лучистые и веерообразные агрегаты. Здесь также наблюдаются каналы, выполненные халцедоном, которые секут как реликты хлорита, так и цеолиты, иногда рассекая целые почки цеолитов.



a



б

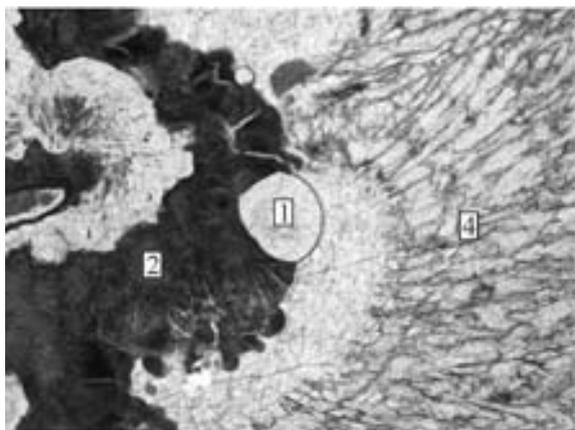
Рис. 4. Фрагмент миндалины в базальте с реликтами хлорита (1), замещающегося цеолитом (2) и халцедоном в центральной части (3); скв.352/24, глуб. 143.5 м; *a* – ник. II ув.100; *б* – ник.+ , ув.200

В образце скв. № 352/24а, глуб. 144,5 м (рис. 5, 6) встречена миндалина, выполненная сложными взаимно прорастающими комплексами минералов. Так, стенки миндалины выполнены тонкой полоской хлорита с зеленовато-серой интерференционной окраской (местами почти изотропный) с каймой раскристаллизованного и перешедшего в гидробиотит селадонита. В хлорите наблюдаются микроглазковые выделения цеолитов, постепенно переходящие в сплошную массу с микросферолитовой структурой. Между цеолитами и селадонитом наблюдается каемка матового непрозрачного вещества, не реагирующего на отраженный свет. Далее в миндалине наблюдается зона с извилистым контуром, представленная селадонитом с очень яркой изумрудно-зеленой окраской, почти не меняющейся при скрещенных николях. Он характеризуется оптическими константами ($N_p = 1,618$, $N_g = 1,642$; $N_g - N_p = 0,024$). Внутренняя часть миндалины заполнена кальцитом. В зоне контакта кальцита и селадонита наблюдается обширное развитие гидробиотита. Не вызывает сомнения наличие

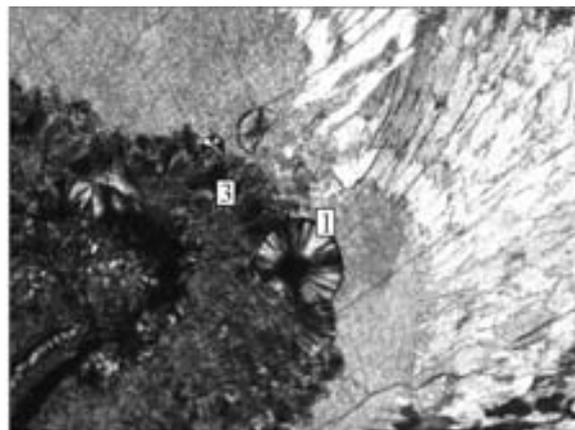
смешанослойных фаз, характеризующихся более темно-бурой окраской и появлением яркого цвета интерференции. Локально на этом контакте появляются очень крупные микросферолиты цеолитов с отчетливой серой интерференционной окраской и крестообразным угасанием. Кальцит, заполняющий центральное пространство, имеет форму монокристалла с трещинками спайности, а на периферии – сложную радиально ориентированную гребенчатую структуру.

Стадийность формирования минеральных фаз в миндалине выглядит, по-видимому, следующим образом. Первоначально образовался хлорит-селадонитовый комплекс, который по мере повторного проникновения гидротермального раствора замещался гидрослюдой, а в дальнейшем цеолитами. Очень хорошо видно, как отдельные сферолиты цеолитов обособлены от остальной минеральной части миндалины и секут контакты предыдущих минеральных фаз.

Как уже показывалось выше, в некоторых шлифах можно видеть трещинки (подводящие каналы), выполненные цеолитами, пересекаю-

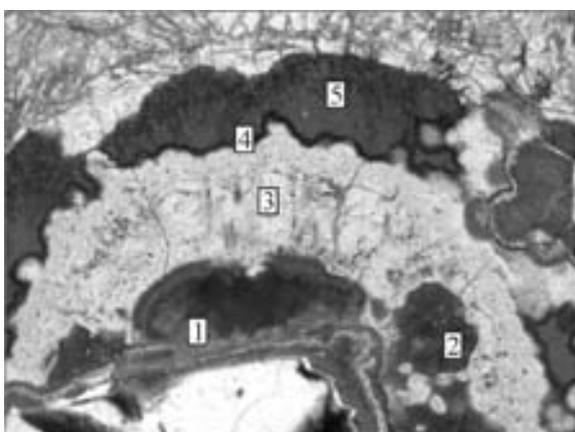


а

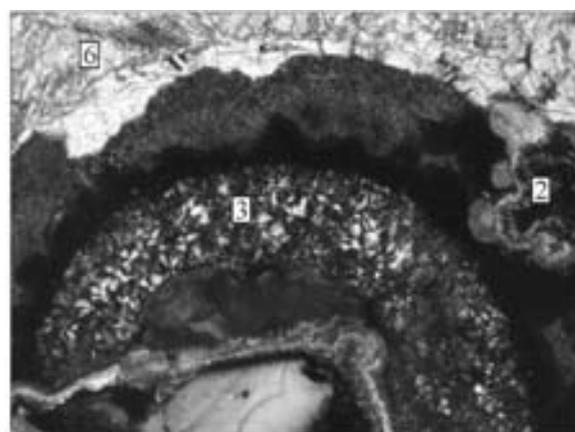


б

Рис. 5. Фрагмент крупной миндалины в базальте, выполненной сферолитовыми выделениями цеолитов (1) селадонитом (2), замещающегося гидробиотитом (3) и кальцитом (4); скв.352/24а, глуб. 144,5 м; а – ник. II ув.100; б – ник.+, ув.100



а



б

Рис. 6. Стенка газовой полости, выполнена хлорит-селадонитом (1), гидрослюда (2), цеолиты (3), каемка матового изотропного вещества (4), селадонит (5), кальцит (6); скв.352/24а, глуб. 144.5 м; а – ник. II, ув.100; б – ник.+, ув.100

щими слои, концентрически зонально сложенных на стенках миндалин смешанослойных силикатов (хлорит–селадонита). Формирование каёмок хлорит–селадонита, выстилающих стенки газовых полостей, указывает на раннюю стадию их образования по сравнению с более поздней минеральной ассоциацией цеолитов, упомянутой выше. Такое соотношение указывает на то, что заполнение миндалин и секущих их трещин вторичными минералами происходило в разное время.

Для изучения условий образования гидротермалитов были определены палеотемпературы формирования минеральных ассоциаций [3] методом гомогенизации, в камере предложенной Н. П. Ермаковым. Гомогенизация газожидких включений показала, что температура раствора, приводящего к образованию зоны аргиллизированных пропилитов, составляла 240–260 (кварц–цеолит (ломонтит?)) и 200–178°C (кварц–адуляр), а зоны аргиллизации – 160–145°C (кальцит–сметит), 100–90°C (кальцит–кристобалит). Наиболее информативными минералами для применения метода оказались кварц, кальцит,

в меньшей степени – кристобалит. В большинстве случаев включения в минералах образуют азонально расположенные скопления различной формы. Распределение включений в минералах даже на небольшом участке очень неравномерное: отдельные кристаллы насыщены ими, другие – практически не содержат включений.

Совместное нахождение в миндалинах базальтов, разных по составу и времени образования гидротермальных минералов и представляющих разные температурные зоны, позволяет предположить, что процесс протекал на фоне длительно существовавшей в зоне разрывов и трещин гидротермальной системы. Повторение или чередование слоистых силикатов разного цвета и разного состава, заполняющих подобные миндалины и трещины, а также характер взаимоотношения минеральных компонентов друг с другом рассматривается как свидетельство изменения состава и физико-химических характеристик минералообразующего раствора [4]. Важнейшими движущими факторами этого процесса, поддерживающего постоянное взаимодействие раствор–порода, являются образо-



вание зон растяжения, внедрения даек и периодически возобновляющаяся трещиноватость, которые характерны для зон рифтогенеза (тафрогенеза).

Библиографический список

1. Коробов Д. А. Нижнемезозойские гидротермалиты Кушмурунского грабена. Саратов, 1988. 166 с.
2. Мазина Е. А., Ксенофонтов О. К. К вопросу о характере нижнемезозойского магматизма Тургайского про-
УДК [551.438.5: 351.853.2] (470.44–25)

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ КАК ФАКТОР УНИЧТОЖЕНИЯ ПАМЯТНИКОВ ПРИРОДЫ (на примере «Карьера Заплатиновка»)

А. С. Шешнёв, А. В. Иванов¹

Саратовский государственный университет
E-mail: sheshnev@inbox.ru
¹Отделение геологии НИИ ЕН СГУ, Саратов
E-mail: YashkovIA@mail.ru

В статье рассматривается состояние памятника природы «карьер Заплатиновка» на территории Саратова в условиях антропогенной нагрузки. Приводится характеристика разреза антропогенных отложений, выделены стадии трансформации рельефа на участке.

Ключевые слова: урбанизированные территории, памятники природы, антропогенные изменения рельефа, антропогенные отложения, территория Саратова.

Anthropogenous Transformation of the Geological Environment in Urbanized Areas as a Factor in the Destruction of Natural Monuments (for Example «Open-cast Zaplatinovka»)

A. S. Sheshnev, A. V. Ivanov

The condition of the natural monument «open-cast Zaplatinovka» in territory of Saratov in the condition of anthropogenous loading is considered in the article. The characteristic of a cut of anthropogenous deposits is resulted, stages of transformation of s relief on a site are allocated.

Key words: the urban areas, natural monuments, the anthropogenic changes of the landscape, the anthropogenic deposit, the city of Saratov.

Песчаный карьер «Заплатиновка» расположен в южной части территории Саратова, в 600 м северо-западнее средней школы № 38 (рис. 1) и приурочен к одному из субширотных отрогов Лысогорского массива. Карьер закладывался в непосредственной близости от здания школы и в последующем расширялся в западном направлении. Разработка ограничена линией электропередач

гиба // Геология Тургайского прогиба : сб. ст. / под ред. Н. К. Овечкина. Ленинград, 1961. Вып. 1. 227 с.

3. Гончаренко О. П., Шелепов Д. А. Особенности гидротермальной минерализации в тафрогенных областях на примере Кушмурунского грабена (по данным изучения включений) // Тр. X Междунар. конф. по термобарогеохимии. 2001. С. 387–397.

4. Осадочные бассейны : методика изучения, строение и эволюция // Тр. ГИНРАН. Вып. 543 / под ред. Ю. Г. Леонова, Ю. А. Воложа. М., 2004. 526 с.



(одна из опор расположена чуть западнее стенки карьера), а также уровнем грунтовых вод.

После фактического прекращения эксплуатации карьера объект оказался наиболее известным местонахождением верхнемеловых позвоночных (акуловых и химеровых рыб) и беспозвоночных (губок, двустворчатых моллюсков, брахиопод, морских ежей). В настоящее время карьер паcпортризован в качестве особо охраняемого геологического объекта стратиграфического и палеонтологического профиля площадью 1,33 га [1], на объекте запрещается захоронение бытовых и промышленных отходов, проведение раскопок с целью добычи фоссильного материала, строительство и прокладка коммуникаций, иные виды хозяйственной деятельности, не соответствующие целям особо охраняемой природной территории. Стихийное освоение площади уникального объекта может в ближайшем будущем повлечь за собой потерю его научной ценности. Еще в 1996 г. [2] отмечалась необходимость «успеть» изучить максимально подробно естественные обнажения в пределах городской черты, получив как можно больше информации до того, как они неизбежно, вследствие естественных причин и/или деятельности человека, потеряют свою научную ценность. Во второй половине 1990-х гг. коллективом специалистов НИИ геологии и геологического факультета Саратовского государственного университета проведено детальное комплексное изучение «классических» разрезов верхнемеловых отложений, что отражено в соответствующих публикациях [3 и др.].

Наиболее полный и непрерывный разрез сеноманских отложений изучен по южной стенке карьера, а верхние интервалы сеномана и разрез нижнего сантона – по западной стенке. Это определяется как юго-западным погружением

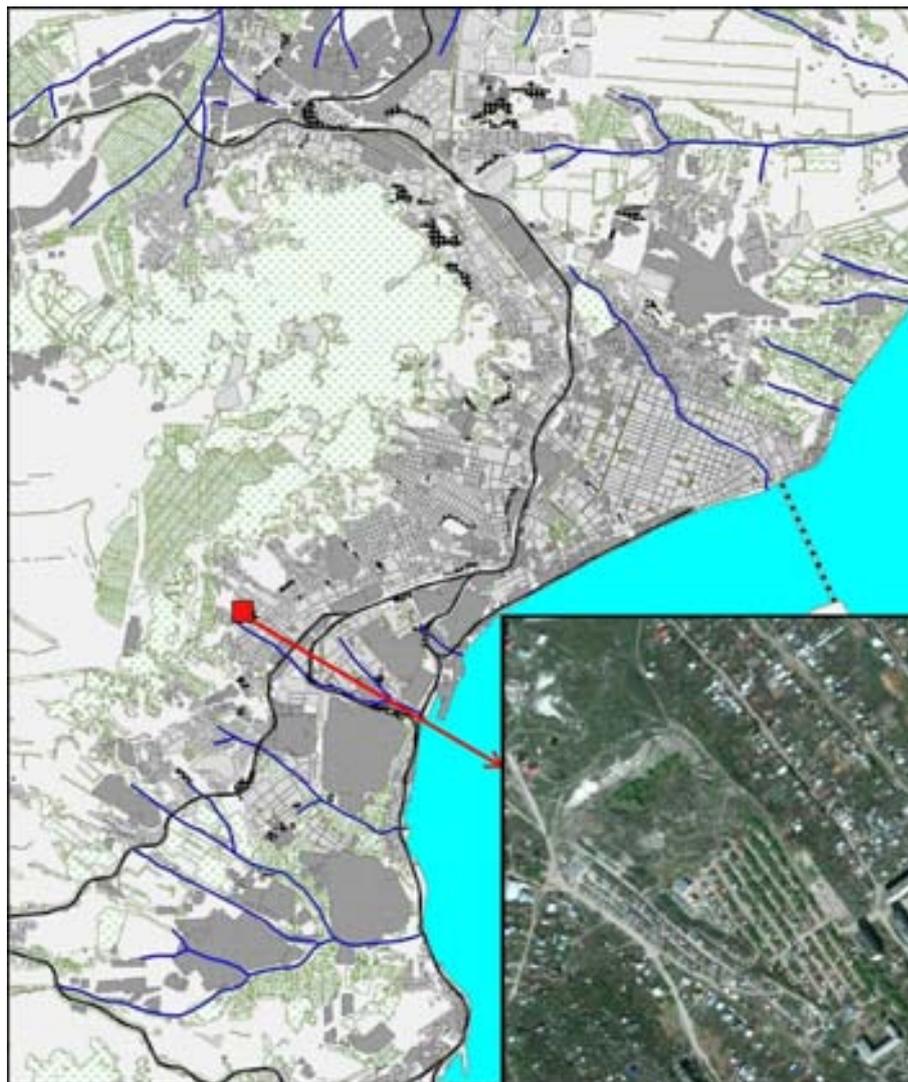


Рис. 1. Схема расположения карьера «Заплатиновка»

слоев, так и современным, в значительной степени антропогенно-преобразованным рельефом территории. Приведем краткую характеристику разреза (сверху вниз) с использованием данных [3].

K₂st₁ 1. Чередование прослоев силицитов и глинистых, мергелистых прослоев. Видимая мощность до 2–2,5 м.

K₂st₁ 2. Мергель слабокремнистый, слабослюдистый, светло-серый. Мощность 0,3 м.

K₂st₁ 3. Мергель песчанистый, грязновато-серый. Мощность собственно «губкового» горизонта оценивается в 0,3–0,7 м, мощность мергеля – 1–1,3 м.

K₂s₃ 4. Песок глауконитокварцевый, средне- и мелкозернистый, известковистый, глинистый, грязно-темно-серый. Мощность 1,6–1,7 м.

K₂s₃ 5. Фосфоритовый горизонт. Мощность 0,1 м.

K₂s₃ 6. Песок глауконитокварцевый, мелко- и тонкозернистый, серовато-зеленый, алевритистый и слабослюдистый. Мощность 0,5 м.

K₂s₃ 7. Фосфоритовый горизонт. Мощность 0,1–0,2 м.

K₂s₂ 8. Песок глауконито-кварцевый, мелкозернистый, белый. Мощность 0,6–0,8 м.

K₂s₂ 9. Песок глауконитокварцевый, мелко-, тонкозернистый, глинистый, грязно-серо-зеленый, пятнистый за счет многочисленных, часто белых ходов. Мощность 1–1,17 м.

K₂s₂ 10. Песок кварцевый, мелкозернистый, белый, глауконитистый (глауконит черный) и слабослюдистый. Мощность 6,0 м.

K₂s₂ 11. Песок кварцевый, грязно-серый, с редкой примесью зерен глауконита, мелко-, тонкозернистый, сильно глинистый и слюдястый. Мощность 0,9 м.

K₂s_{(?)1} 12. Песок кварцевый, средне- и крупнозернистый, светло-желтый. Мощность 1,5 м.

K₂s_{(?)1} 13. Песок кварцевый, среднезернистый, светло-серый, слабо слюдястый. Видимая мощность 15–17 м.

Широко распространенные антропогенные



(техногенные) отложения можно разделить на два основных типа.

Q₄ tn₁. Техногенные отложения – отвалы горной выработки, представленные вскрышными породами: покровными суглинками и почвенным слоем, глино-силицидами и мергелем сантона (K₂ st₁), фосфоритовыми горизонтами (K₂ s₃). Распространены к западу от карьера. Возраст большей части толщи 30 лет.

Q₄ tn₂. Современные насыпные отложения. Толща сложена преимущественно перемешанными грунтами и обломками строительного мусора, в сухом состоянии имеет пестрые цвета. Встречены бытовой мусор, деревянные конструкции, пенопласт, шлакоблоки, асфальт, автомобильные покрышки. Согласно классификации, принятой в грунтоведении [4], грунты, слагающие гео-

логическое тело и форму рельефа, относятся к царству техногенных, классу дисперсных, группе несвязных, подгруппе антропогенных насыпных образований, типу отходов производственной и хозяйственной деятельности, виду бытовых, промышленных, строительных и других отходов. Возраст основной массы насыпных грунтов до 20 лет.

В настоящее время карьер имеет в плане трапециевидную форму. Длина при разработке достигала 550 м, ширина – от 90 м (около школы № 38) до 250 м (западная стенка). К западной стенке карьера примыкает отвал вскрышных пород, вытянутый на 290 м. В начале 1960-х гг. карьер имел сложную форму, глубина разработки достигала 10 м. К концу 1970-х г. глубина карьера составляла до 17 м (рис. 2).

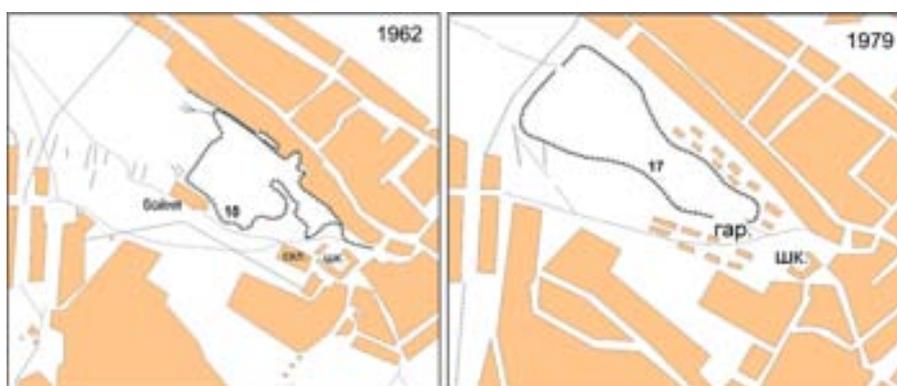


Рис. 2. Изменение формы карьера, 1962–1979 гг.

Вдоль южной стенки карьера на длину более 500 м вытянут гаражный массив. Большая часть днища карьера занята временными гаражами («ракушками»), ими застроено около половины длины карьера (320–340 м). В центре массива сохранился колодец, эксплуатирующий воды сенманского водоносного горизонта. Временные гаражи от капитальных отделены крутым (до 50°) и высоким (10–15 м) уступом борта карьера и занимают площадь более 43 000 м². Территория от временных гаражей до уникального геологического обнажения (размеры 200×210–230 м) занята свалкой преимущественно строительных отходов. С восточной части имеется очищенная от мусора, выровненная площадка 20×20 м, на которой возможно новое строительство (рис. 3).

На большей части открытый участок занят насыпным грунтом высотой 6–8 м. Рельеф сложный, представляет собой сочетание выровненных площадок и конусообразных насыпей (рис. 4). Покрыт густой сорной травянисто-кустарниковой растительностью.

К северо-западному борту карьера примыкает незасыпанный участок размерами 140×45 м. Северный борт отсыпается в основном местными жителями частного сектора, грунт представлен твердыми бытовыми отходами и отходами от

садово-огородной деятельности. Южный борт захламлен строительными и автотехническими материалами со стороны гаражного массива, к нему примыкает участок карьера, где ранее была стоячая вода, а сейчас заросшая влаголюбивой растительностью и занесенная песком территория.

Наиболее активно в настоящее время идет отсыпка карьера с юго-западной части, откуда сооружен подъезд. Большое количество отвалов представлено разнородным грунтом, в котором присутствуют асфальт, сухая древесная растительность, грунты из-под котлованов, бетонные конструкции, известь, металлические конструкции и пр. Активно ведется расширение гаражного массива. Непосредственно у въезда в карьер возводятся новые капитальные гаражи на насыпном грунте. Насыпь антропогенных грунтов составляет 12–15 м, ее площадь – около 6 500 м², объем техногенного грунта – около 80 000 м³. Через обнажение проложен трубопровод (рис. 5). Следует отметить, что наиболее активно отсыпать карьер стали в последние годы, после придания ему статуса охраняемого геологического памятника природы.

На изучаемом полигоне можно выделить несколько стадий развития верхней части геологической среды.

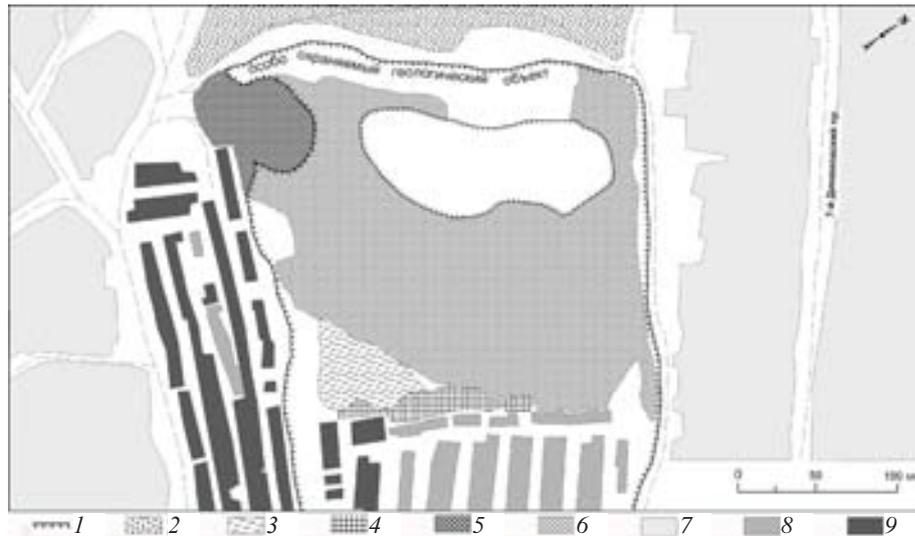


Рис. 3. Современное использование земель в районе особо охраняемого геологического объекта карьер «Заплатиновка»: 1 – уступ карьера; 2 – отвал вскрышных пород; 3 – заболоченный участок; 4 – выровненная площадка под застройку (?); 5 – насыпные отложения мощностью 12–15 м; 6 – насыпные отложения мощностью 6–8 м; 7 – частная застройка с приусадебными участками; 8 – временные гаражи; 9 – капитальные гаражи

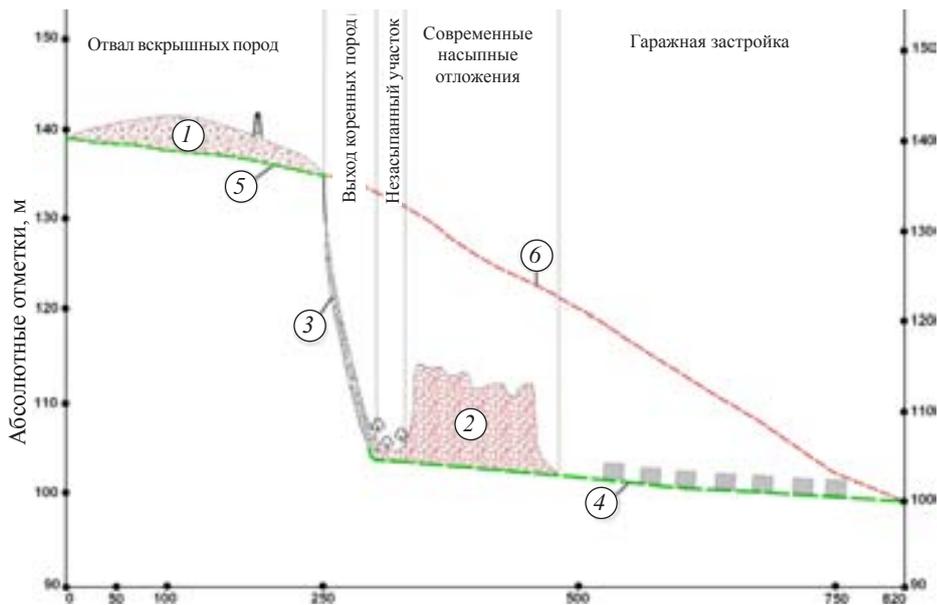


Рис. 4. Профиль вдоль удлиненной части карьера: 1 – техногенные отложения – отвалы вскрышных пород ($Q_4 tn_1$); 2 – современные насыпные отложения, свалочные тела ($Q_4 tn_2$); 3 – обнажение коренных пород и осыпной шлейф; 4 – цоколь – породы сеномана (пески); 5 – цоколь – породы сантона (глино-силициты и мергели); 6 – природный профиль склона

Первая стадия – природная. Для выпуклого по форме отрога Лысогорского массива с абсолютными отметками до 140 м наиболее характерными процессами являлись плоскостной смыв и линейная эрозия. Субпараллельные промоины и малые овраги, развивающиеся вниз по склону от изогипсы +130 м, т. е. от «губкового» горизонта сантона (K_2st_1), видны на рис. 2. Могли протекать небольшие по площади оползневые процессы,

которые в настоящее время наблюдаются в непосредственной близости от полигона (оползень ул. Сиреневой).

На второй стадии происходит освоение территории селитебной застройкой – образуются поселки Заплатиновка и Козловка, уничтожаются мелкие эрозионные формы, начинается карьерная разработка по добыче песка. Эксплуатация месторождения активно велась в течение не-



Рис. 5. Формирование толщ антропогенных отложений в карьере (фото А. С. Шешнёва, 2011 г.)

скольких десятилетий и закончилась к 1980-м гг. Высокие (до 20 м) борта карьера резко увеличили энергию рельефа и вызвали комплекс опасных инженерно-геологических процессов: оползание, осыпание и обваливание склонов. Открытая разработка способствовала эоловому перевеванию песчаных частиц и вскрышных пород, что увеличивало запыленность. В южной части котлована образовался заболоченный участок. Около опор ЛЭП и западнее можно наблюдать отвал вскрышных пород, который частично выровнен, порос растительностью и постепенно осваивается под застройку.

Третья стадия начинается с 1980-х гг. и продолжается по настоящее время. Большая часть днища карьера застраивается временными (в последнее время капитальными) гаражами, с юга к борту карьера примыкает массив капитальных гаражей, с севера – частная селитебная застройка, с востока – ср. шк. № 38. В 1990-х гг., на основании уникальности геологического обнажения объекту присваивается статус памятника природы местного значения. При паспортизации детально описываются западная и южная стенки карьера. В течение последнего десятилетия в карьере складировались значительные объемы преимущественно строительных отходов, что поставило под вопрос само существование объекта. В 2007 г. с приданием статуса регионального памятника природы карьере «Заплатиновка» ситуация не изменилась. Напротив, именно в течение 2006–2011 гг. гаражный массив существенно приблизился к западной стенке карьера, а южная фактически потеряна для научных исследований и погребена под толщей антропогенных отложений. Насыпные грунты уже сейчас вплотную примыкают к западной, наиболее ценной с научной точки зрения, стенке карьера. Геоэкологические последствия этой стадии развития полигона связаны с экохимическим загрязнением почв, верхних горизонтов литосферы, поверхностных и грунтовых вод со-

единениями из многометровых толщ строительных и бытовых отходов, а также воздействием со стороны гаражного массива. В антропогенных отложениях развиваются физико-химические процессы, сопровождающиеся уплотнением, просадочностью, разложением и развеванием материалов и соединений.

Дальнейшее развитие территории может идти двумя путями: либо засыпка карьера продолжится, и памятник природы будет потерян, либо осуществится рекультивация, и уникальный геологический объект восстановит свое научное значение.

В настоящее время отсутствует оборудованный подъезд или подход к объекту. В целях соблюдения законодательства, развития познавательного туризма, во избежание потери научной ценности памятника природы необходимо ужесточить режим охраны объекта, ликвидировать многометровые толщи антропогенных отложений, вынести трубопровод за пределы обнажения и ограничить рост гаражного массива.

Библиографический список

1. Особо охраняемые природные территории Саратовской области : национальный парк, природные микрозаповедники, памятники природы, дендрарий, ботанический сад, особо охраняемые геологические объекты / ред. В. З. Макаров; Комитет охраны окружающей среды и природопользования Саратовской области. Саратов, 2007. 300 с.
2. Иванов А. В. К вопросу об изучении наиболее полных естественных разрезов верхнемеловых отложений Саратовского Поволжья как уникальных геологических объектов // Проблемы геоэкологии Саратова и области. Саратов, 1998. Вып. 2. С. 93–95.
3. Первушов Е. М., Архангельский М. С., Иванов А. В. Каталог местонахождений остатков морских рептилий в юрских и меловых отложениях Нижнего Поволжья. Саратов, 1999. 230 с.
4. Грунтоведение / под ред. В. Т. Трофимова. М., 2005. 1024 с.



УДК [550.552.53] (470.)

ОСОБЕННОСТИ ПОСТСЕДИМЕНТАЦИОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СТРУКТУР И ТЕКСТУР КАМЕННОЙ СОЛИ В РАЗРЕЗАХ ГАЛОГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ (на примере Прикаспийской впадины)

Л. В. Музалевская

Саратовский государственный университет
E-mail: muzalevskaya.liliya@yandex.ru

Оценка текстурно-структурных разновидностей каменной соли позволяет делать прогноз текстурных характеристик пластов каменной соли для возможности использования их при проектировании и создании подземных резервуаров.

Ключевые слова: структура, каменная соль, стадия, перекристаллизация.

Features Postsedimentation Structural and Textural Changes in Rock Salt Deposits in Sections of Halide (with the Example of Prikaspiian deep)

L. V. Muzalevskaya

Assessment of textural and structural varieties of rock salt can make a prediction texture characteristics of reservoir rock salt for possible use in the design and construction of underground storage tanks.

Key words: structure, rock salt, stage, recrystallization.

Основные различия каменной соли, присутствующие в разрезах галогенных отложений впадины, носят черты тех преобразований текстур и структур, которые определяются их постседиментационной историей. Эти изменения выражаются в сложении пород генетическими типами галита, соответствующими стадиям литогенеза, на которых находятся породы, но при существенной роли реликтовых разновидностей.

В основе различий всех изученных текстурных типов каменной соли заложены, прежде всего, седиментационные особенности строения элементарных ритмов: распределение в них слоев, линз и рассеянной примеси ангидрита и терригенного материала, обусловленные литолого-фациальной зональностью солеродного бассейна, а также ролью основных седиментационных генетических типов галита, связанной с различиями в гидрохимии бассейна.

Разнообразие текстурно-структурных характеристик каменной соли (а соответственно и физико-механических свойств) существенно растёт в связи с их постседиментационными преобразованиями, имеющими существенные отличия, масштабы и направленность в разных геоструктурных элементах впадины. Процессы диагенеза, катагенеза, галокинеза, регрессивного катагенеза и гипергенеза приводят к существенным изменениям в текстуре каменной соли, докристаллизации и перекристаллизации га-



лита. Существенно может меняться и соотношение реликтовых седиментационных и перекристаллизованных разновидностей галита. Все эти процессы приводят либо к увеличению роли более плотных и менее растворимых разновидностей пород (катагенез), либо, наоборот, к образованию менее плотных и более растворимых разновидностей (галокинез, гипергенез). При этом для различных геоструктурных условий возможны отклонения от этих общих закономерностей, связанных с сохранением первичноседиментационных структур в катагенезе и галокинезе и перекристаллизованных в галокинезе же.

Среди структурных типов галита, слагающих каменную соль, вслед за М. Г. Валяшко, О. И. Петриченко, В. А. Вахромеевой, В. М. Ковалевичем, Г. А. Московским, мы выделяем минеральные разновидности, различающиеся текстурными особенностями, морфологией кристаллов, положением в разрезе ритмопачки, характерными чертами элементарных ритмов. К ним относятся: седиментационные («перистый», «перистый» шпатовый, шпатовый водяно-прозрачный, мелкозернистый, галит высаливания и др.), диагенетические разновидности (галит дорастания), перекристаллизованные катагенетические, гипергенные и галокинетические [1].

Диагенез в галогенных отложениях начинается с момента формирования рыхлого осадка, представляет собой быстротечный процесс и завершается в основном на глубине первых десятков метров от поверхности осадка в течение десятков сотен лет. Диагенезом заканчивается становление породы. При дальнейшем погружении осадка, возрастании давлений и температур до уровня катагенеза (8–9·10⁵ Па и 90–110°С) заметные изменения в галогенных породах связаны лишь с удалением из них поровых вод и преобразованием терригенных и акцессорных составляющих [2].

При диагенезе происходит дорастание «скелетных» и «лодочковых» разновидностей минералов до полнотелых форм, соответствующих разновидностям, например, галиту дорастания [3]. Дорастают седиментационные разновидности прозрачным зернистым или шпатовым галитом с редкими жидкими вакуолями. Эти процессы происходят при активном участии наддонной рапы и межкристаллических растворов.

Катагенез, связанный лишь с погружением пород и некоторым их разогревом (в поле нормального геотермического градиента), заключается в



перекристаллизации минералов и образовании их шпатовых разностей. Это касается и толщ каменной соли, хотя масштабы их катагенетической перекристаллизации вне зон солянокупольных дислокаций несущественны.

Перекристаллизация при катагенезе происходит при разрастании минерала. На этой стадии при высоких давлениях и температурах возникают условия для процессов активной перекристаллизации вещества в твердом виде. Значительная часть жидкости из межзерновых пространств раскристаллизовывается в виде вторичных минералов. Общий объем жидкой фазы в породе резко сокращается, а поры коагулируются.

По способности к перекристаллизации при изменении физико-химических условий среды ангидрит и галит в ряду минералов-эвапаритов относятся к числу наиболее консервативных. Калийно-магниевые соли подвергаются большим изменениям под влиянием температуры и давления. При катагенезе в связи с неустойчивостью гидратных минералов в парагенезисах солей остаются только безводные соединения. При катагенетической перекристаллизации галита каменная соль может лишиться даже реликтов его седиментационных и диагенетических разностей [4].

Анализ структур галита из различных интервалов галогенных разрезов и различных литофациальных зон показывает, что перекристаллизация при катагенезе в большей степени происходит при разрастании (рекристаллизации) минерала. Но наибольшие изменения структур галита и текстур каменной соли отмечается при галокинезе, пликативных деформациях орогенного типа либо при воздействии на соль растворов иной концентрации и гидрохимического типа [5–8].

Изменения в каменной соли, связанные с погружением пластов на большие глубины и с повышением температур до 120–140°C и более, а также воздействием на них растворов и флюидов, генерируемых в пределах самой соляной толщи, можно отнести к гидрокатагенезу, по А. А. Махначу [9]. Влияние гидрокатагенеза существенно в тупиковых и окраинных частях бассейна. Гидрокатагенез приводит к существенной перекристаллизации достаточно больших интервалов разрезов, сложенных каменной солью, и почти к полной ликвидации элементарной седиментационной ритмичности. Здесь в галитовых элементах ритмов преобладает шпатовая, перекристаллизованная разность галита.

Рассолы включений и межзерновых пор участвуют в процессах их диагенетической и катагенетической перекристаллизации. Мигрируя в поле градиентов температур и давлений перед накоплением в коллекторах или трещинных полостях, они взаимодействуют с минеральными фазами галогенных пород (терригенными и карбонатными), приводя их к перекристаллизации [10].

При *галокинезе* отмечается наибольшее изменение структурно-текстурного облика и соответственно физико-механических свойств каменной соли. При перемещении соли в пределах солянокупольных структур происходят изменения структур галита, заключающиеся в переходе шпатового галита (как седиментационного, так и перекристаллизованного катагенетического) в зернистые разности с флюидальной структурой [6], которая характеризуется пониженной прочностью и повышенной проницаемостью. Здесь же отмечается интенсивное будинирование сульфатно-карбонатных слоев Хрупко, деформированные кристаллы галита приобретают ксеноморфную форму, носят следы хрупкого скалывания и линейно-выраженную направленность их удлинений в плоскости напластования каменной соли. У галита существенно ухудшается степень связи отдельных зерен, существенно уменьшаются и прочностные характеристики породы. При солянокупольных деформациях каменная соль теряет рапу, захваченную в межзерновых порах, что подтверждается и существенно меньшим содержанием брома в валовых пробах каменной соли из солянокупольных районов по сравнению с солью из недислоцированных толщ [11].

При этом в крыльях складок сохраняются соли с первичными текстурно-структурными признаками и физико-механическими свойствами. Так, например, каменная соль «перистая» со значительной ролью ангидрита, образующего своеобразные футляры вокруг галита, встречается во многих интервалах разреза Эльтонской солянокупольной структуры [8].

Анализ огромного материала по особенностям текстурно-структурных характеристик каменной соли из солянокупольных структур Прикаспия, приведенных в работах Т. Ошакпаева [6], С. А. Свидзинского [8], Г. А. Московского [1] и других авторов позволил нам отнести к галокинетическим деформациям образование разностей каменной соли с флюидальной текстурой галита и образование своеобразных межбудинных раздувов галитовых элементов ритмов такой же текстуры.

Часто встречающиеся в разрезах Северного, Западного и Южного участков Баскунчакской солянокупольной структуры (и частично на Эльтоне) перекристаллизованные разности каменной соли с шпатовой и «очковой» текстурой связаны с катагенезом и не имеют отношения к галокинезу. Это подтверждается высокой степенью газонасыщенности включений в них и практически полным отсутствием первичноседиментационных структур в крупных шпатовых кристаллах галита с «граничными» жидкими (иногда газово-жидкими) включениями, фиксирующими границы сросшихся кристаллов. Признаком наложения галокинетических деформаций на эти кристаллы катагенетического генезиса является лишь микроступенчатый характер плоскостей спайности в них.



Изменение галогенных отложений происходило также под влиянием и *гипергенных процессов*. К таким процессам можно отнести выщелачивание и замещение калиеносных пород в галогенных разрезах на уровне так называемого «соляного зеркала». Изучение галогенных разрезов Приволжской моноклинали также показало, что выщелачивание хлоридных калийных и калийно-магниево-солей и замещение их галитом (галитом) вблизи соляного зеркала имели весьма значительные масштабы [1]. Размеры зон выщелачивания галогенных отложений как по площади, так и по вертикали обусловлены главным образом палеогеографическими, структурными и гидрогеологическими условиями, литолого-минералогическим составом и мощностью соляных и покрывающих пород. Использование структурно-тектонической информации имеет большое значение при изучении соляного карста, особенно на тех территориях, где явно выраженные поверхностные формы карста отсутствуют. Следствием выщелачивания солей в этих случаях является формирование соляного зеркала, рассолов выщелачивания.

Анализ условий формирования текстур основных разновидностей каменной соли на всех стадиях литогенеза (седиментация–диагенез–катагенез–галокинез–гипергенез) позволяет выделить в качестве основных критериев: 1) гидрохимические условия, существовавшие во временном интервале их образования пород; 2) положение в разрезах ритмопачек; 3) положение галогенных разрезов в фациальных зонах солеродного бассейна; 4) положение пород в теле солянокупольных структур; 5) степень сохранности первичных структур галита на стадиях катагенеза и галокинеза. Эти критерии позволяют делать прогноз текстурных характеристик пластов каменной соли для разрезов галогенных отложений, расположенных в различных структурных зонах соленосного бассейна, что важно для проектирования и создания подземных резервуаров.

Библиографический список

1. Московский Г. А., Музалевская Л. В., Свидзинский С. А. Особенности формирования элементарных седиментационных ритмов каменной соли в фациальных зонах пермского солеродного бассейна Прикаспия // Литология и полезные ископаемые. 2008. № 1. С. 66–73.
2. Петриченко О. И. Эпигенез эвапоритов. Киев : Наук. думка, 1989. 63 с.
3. Вахромеева В. А. Годовые слои соляных пород Верхнекамского месторождения // Бром в соляных отложениях и рассолах. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1976. С. 27–48.
4. Музалевская Л. В., Московский Г. А. Основные черты катагенеза кунгурских галогенных отложений Прикаспийской впадины // Геологические науки : межвед. науч. конф. Саратов, 2000. С. 54.
5. Валяшко М. Г., Борисенков В. И., Бочаров В. М., Халтурина И. И. Литолого-фациальная зональность в строении пластов калийно-магниево-солей соляных куполов Прикаспия // Литология и геохимия соленосных толщ. Киев : Наук. думка, 1980. С. 96–107.
6. Ошакпаев Т. А. Челкарский соляной купол-гигант (Прикаспийская впадина): Алма-Ата : Наука, 1974. 183 с.
7. Московский Г. А., Гончаренко О. П. Изменения галогенных отложений, связанных с их взаимодействием с рассолами различного геохимического типа // Пермский галокинез Прикаспия : в 2 ч. Саратов : Научная книга, 2004. Ч. 2. С. 42–47.
8. Свидзинский С. А. Внутренняя тектоника солянокупольных структур и методы ее изучения. Ростов н/Д : Изд-во Ростов. ун-та, 1992. 160 с.
9. Махнач А. А. Катагенез подземные воды. Минск : Наука и техника, 1989. 335 с.
10. Гегузин Я. Е., Кривоглаз М. А. Движение микроскопических включений в твердых телах. М. : Металлургия, 1971. 344 с.
11. Деревягин В. С., Макаров А. С., Седлецкий В. С. Палеотектонические и палеогеографические условия соленакпления на территории Северного Прикаспия в нижнепермскую эпоху // Строение и условия образования соленосных формаций. Новосибирск : Изд-во Новосиб. ун-та, 1981. С. 36–44.



СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Башкатов Александр Николаевич, доцент кафедры физической географии и ландшафтной экологии географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, кандидат географических наук. E-mail: makarovvz@rambler.ru

Богданов Михаил Борисович, профессор кафедры метеорологии и климатологии географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, доктор физико-математических наук. E-mail: BogdanovMB@info.sgu.ru

Волков Юрий Владимирович, старший преподаватель кафедры физической географии и ландшафтной экологии географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского. E-mail: makarovvz@rambler.ru

Волкова Елена Николаевна, доцент кафедры геофизики геологического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, кандидат геолого-минералогических наук. E-mail: volkovaen@info.sgu.ru

Гужова Екатерина Ивановна, аспирантка кафедры метеорологии и климатологии географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского. E-mail: kafmeteo@sgu.ru

Гусев Виктор Александрович, доцент кафедры физической географии и ландшафтной экологии географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, кандидат сельскохозяйственных наук. E-mail: makarovvz@rambler.ru

Данилов Владимир Анатольевич, ассистент кафедры геоморфологии и геоэкологии географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, кандидат географических наук. E-mail: makarovvz@rambler.ru

Елисеева Любовь Васильевна, старший преподаватель кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых геологического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского. E-mail: korob@info.sgu.ru

Ефимов Владимир Михайлович, заведующий Ундоровским палеонтологическим музеем, кандидат геолого-минералогических наук. E-mail: urm2002@mail.ru

Ефремова Татьяна Юрьевна, студентка кафедры метеорологии и климатологии географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского. E-mail: BogdanovMB@info.sgu.ru

Затонский Виктор Александрович, студент 5 курса кафедры физической географии и ландшафтной экологии географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского. E-mail: makarovvz@rambler.ru

Иванов Алексей Викторович, ведущий научный сотрудник Саратовского государственного университета, Отделение геологии НИИ ЕН Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, кандидат геолого-минералогических наук. E-mail: Yashkovl@mail.ru

Катрущенко Алексей Викторович, соискатель кафедры метеорологии и климатологии географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского. E-mail: BogdanovMB@info.sgu.ru

Колотухин Анатолий Трофимович, доцент кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых геологического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, кандидат геолого-минералогических наук. E-mail: korob@info.sgu.ru

Коробов Александр Дмитриевич, профессор кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых геологического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, доктор геолого-минералогических наук. E-mail: korob@info.sgu.ru

Коробова Людмила Александровна, доцент кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых геологического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, кандидат геолого-минералогических наук. E-mail: korobovea@yandex.ru

Лапина Серафима Николаевна, доцент кафедры метеорологии и климатологии географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, кандидат географических наук. E-mail: kafmeteo@sgu.ru

Леонтьев Юрий Геннадьевич, аспирант кафедры химии, агрохимии и почвоведения Саратовского государственного аграрного университета имени Н.И. Вавилова, доктор сельскохозяйственных наук. E-mail: sintetik@sgau.ru

Макаров Владимир Зиновьевич, профессор кафедры физической географии и ландшафтной экологии географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, доктор географических наук. E-mail: makarovvz@rambler.ru

Морозова Светлана Владимировна, доцент кафедры метеорологии и климатологии географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, кандидат географических наук. E-mail: kafmeteo@sgu.ru

Музалевская Лилия Владимировна, ассистент кафедры петрографии и минералогии геологического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, кандидат геолого-минералогических наук. E-mail: muzalevskaya.liliya@yandex.ru

Мухин Владимир Михайлович, доцент кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых геологического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, кандидат геолого-минералогических наук. E-mail: korob@info.sgu.ru

Назаров Виктор Алексеевич, профессор кафедры химии, агрохимии и почвоведения Саратовского государственного аграрного университета имени Н.И. Вавилова, доктор сельскохозяйственных наук. E-mail: sintetik@sgau.ru

Нестерова Ольга Евгеньевна, доцент кафедры геоморфологии и геоэкологии географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, кандидат географических наук. E-mail: olganesterova12@mail.ru

Орлова Ирина Александровна, младший научный сотрудник лаборатории агрометеорологии ГНУ НИСХ Юго-Востока. E-mail: kafmeteo@sgu.ru

Первушов Евгений Михайлович, профессор кафедры исторической геологии и палеонтологии геологического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, доктор геолого-минералогических наук. E-mail: pervushovem@mail.ru

Полянская Елена Александровна, профессор кафедры метеорологии и климатологии географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, кандидат географических наук. E-mail: kafmeteo@sgu.ru

Попов Евгений Валериевич, доцент кафедры исторической геологии и палеонтологии, геологического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, кандидат геолого-минералогических наук. E-mail: porovev@bmail.ru

Проказов Михаил Юрьевич, ассистент кафедры физической географии и ландшафтной экологии географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского. E-mail: makarovvz@rambler.ru

Пряхина Софья Ивановна, профессор кафедры метеорологии и климатологии географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, доктор сельскохозяйственных наук. E-mail: kafmeteo@sgu.ru

Решетников Михаил Владимирович, заведующий лабораторией геоэкологии геологического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, кандидат географических наук. E-mail: geogr@sgu.ru

Рылов Александр Богданович, доцент кафедры метеорологии и климатологии географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, кандидат географических наук. E-mail: kafmeteo@sgu.ru

Скляров Юрий Андреевич, профессор кафедры метеорологии и климатологии географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, доктор технических наук. E-mail: kafmeteo@sgu.ru

Суруцева Ольга Владимировна, ассистент кафедры физики географии и ландшафтной экологии географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского. E-mail: geogr@sgu.ru

Федоров Алексей Васильевич, заведующий лабораторией геоинформатики и тематического картографирования Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского. E-mail: makarovvz@rambler.ru

Чумаченко Алексей Николаевич, профессор кафедры геоморфологии и геоэкологии географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, доктор географических наук. E-mail: chumach1313@rambler.ru

Шелепов Дмитрий Александрович, ассистент кафедры петрографии и минералогии геологического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского. E-mail: Shelepov@yandex.ru

Шешнёв Александр Сергеевич, инженер лаборатории геоэкологии геологического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского. E-mail: sheshnev@inbox.ru

Штырова Вера Константиновна, доцент кафедры геоморфологии и геоэкологии географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, кандидат географических наук. E-mail: olganesterova12@mail.ru



INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Bashkatov Aleksandr Nicolaevich, Saratov State University, geographical faculty, department of physical geography and landscape ecology, associate professor. E-mail: makarovvz@rambler.ru

Bogdanov Mikhail Borisovich, Saratov State University, geographical faculty, department of meteorology and climatology, professor. E-mail: BogdanovMB@info.sgu.ru

Chumachenko Aleksey Nikolaevich, Saratov State University, geographical faculty, department of geomorphology and geocology, professor, head of the department. E-mail: chumach1313@rambler.ru

Danilov Vladimir Anatolievich, Saratov State University, geographical faculty, department of geomorphology and geocology, assistant. E-mail: makarovvz@rambler.ru

Efimov Vladimir Mikhailovich, Undorovskiy paleontological museum, head of museum. E-mail: upm2002@mail.ru

Efremova Tatiana Yurievna, Saratov State University, geographical faculty, department of meteorology and climatology, student. E-mail: BogdanovMB@info.sgu.ru

Eliseeva Lyubov Vasilievna, Saratov State University, geological faculty, department of geology and geochemistry of burning fossils, senior lecturer. E-mail: korob@info.sgu.ru

Fedorov Aleksey Vasilievich, Saratov State University, laboratory of geoinformatics and thematic mapping, head of the laboratory. E-mail: makarovvz@rambler.ru

Guzhova Ekaterina Ivanovna, Saratov State University, geographical faculty, department of meteorology and climatology, postgraduate student

Gusev Viktor Aleksandrovich, Saratov State University, geographical faculty, department of physical geography and landscape ecology, associate professor. E-mail: makarovvz@rambler.ru

Ivanov Aleksey Viktorovich, Saratov State University, Scientific research institute of natural sciences, department of geology, chief researcher. E-mail: YashkovIA@mail.ru

Katrushchenko Aleksey Victorovich, Saratov State University, geographical faculty, department of meteorology and climatology, applicant. E-mail: BogdanovMB@info.sgu.ru

Kolotukhin Anatoliy Viktorovich, Saratov State University, geological faculty, department of geology and geochemistry of burning fossils, professor. E-mail: korob@info.sgu.ru

Korobov Aleksandr Dmitrievich, Saratov State University, geological faculty, department of geology and geochemistry of burning fossils, professor, head of the department. E-mail: korob@info.sgu.ru

Korobova Lyudmila Aleksandrovna, Saratov State University, geological faculty, department of geology and geochemistry of burning fossils, associate professor. E-mail: korobovea@yandex.ru

Lapina Serafima Nikolaevna, Saratov State University, geographical faculty, department of meteorology and climatology, professor. E-mail: kafmeteo@sgu.ru

Leontiev Yuriy Gennadievich, Saratov State Agricultural University, department of chemistry, agrochemistry and soil science, postgraduate. E-mail: sintetik@sgau.ru

Makarov Vladimir Zinovievich, Saratov State University, geographical faculty, department of physical geography and landscape ecology, professor, head of the department

Morozova Svetlana Vladimirovna, Saratov State University, geographical faculty, department of meteorology and climatology, associate professor. E-mail: kafmeteo@sgu.ru

Mukhin Vladimir Mikhailovich, Saratov State University, geological faculty, department of geology and geochemistry of burning fossils, associate professor. E-mail: korob@info.sgu.ru

Muzalevskaya Lilia Vladimirovna, Saratov State University, geological faculty, department of mineralogy and petrography, assistant. E-mail: muzalevskaya.liliya@yandex.ru

Nazarov Viktor Alekseevich, Saratov State Agricultural University, department of chemistry, agrochemistry and soil science, professor. E-mail: sintetik@sgau.ru

Nesterova Olga Evgenievna, Saratov State University, geographical faculty, department of geomorphology and geocology, associate professor. E-mail: olganesterova12@mail.ru

Orlova Irina Aleksandrovna, Agricultural Research Institute for South-East Region (ARISER), laboratory of agrometeorology, junior researcher. E-mail: kafmeteo@sgu.ru

Pervushov Evgeniy Mikhailovich, Saratov State University, geological faculty, department of historical geology and paleontology, professor, head of the department. E-mail: pervushovem@mail.ru

Polyanskaya Elena Aleksandrovna, Saratov State University, geographical faculty, department of meteorology and climatology, professor. E-mail: kafmeteo@sgu.ru

Popov Evgeniy Valerievich, Saratov State University, geological faculty, department of historical geology and paleontology, associate professor. E-mail: popovev@bmail.ru

Prokazov Mikhail Yurievich, Saratov State University, geographical faculty, department of physical geography and landscape ecology, assistant. E-mail: makarovvz@rambler.ru

Pryakhina Sofia Ivanovna, Saratov State University, geographical faculty, department of meteorology and climatology, professor. E-mail: kafmeteo@sgu.ru

Reshetnikov Mikhail Vladimirovich, Saratov State University, geological faculty, laboratory of geocology, head of the laboratory. E-mail: geogr@sgu.ru

Rykhlov Alexander Bogdanovich, Saratov State University, geographical faculty, department of meteorology and climatology, associate professor. E-mail: kafmeteo@sgu.ru

Shelepov Dmirtiy Aleksandrovich, Saratov State University, geological faculty, department of mineralogy and petrography, assistant. E-mail: Shelepov@renet.ru

Sheshnev Aleksandr Sergeevich, Saratov State University, geological faculty, laboratory of geocology, engineer. E-mail: sheshnev@inbox.ru

Shtyrova Vera Konstantinovna, Saratov State University, geographical faculty, department of geomorphology and geocology, associate professor. E-mail: olganesterova12@mail.ru

Sklyarov Yuriy Andreevich, Saratov State University, geographical faculty, department of meteorology and climatology, professor. E-mail: kafmeteo@sgu.ru

Surovtseva Olga Vladimirovna, Saratov State University, geographical faculty, department of physical geography and landscape ecology, senior lecturer. E-mail: geogr@sgu.ru

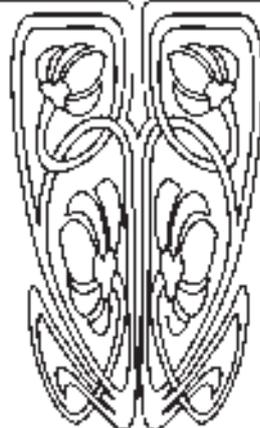
Volkov Yuriy Vladimirovich, Saratov State University, geographical faculty, department of physical geography and landscape ecology, senior lecturer. E-mail: makarovvz@rambler.ru

Volkova Elena Nikolaevna, Saratov State University, geological faculty, department of geophysics, associate professor, head of the department. E-mail: volkovaen@info.sgu.ru

Zatonskiy Viktor Aleksandrovich, Saratov State University, geographical faculty, department of physical geography and landscape ecology, student



ПРИЛОЖЕНИЯ



Подписка на II полугодие 2012 года

Индекс издания по каталогу ОАО Агентства «Роспечать» 36010.

Раздел 21 «Науки о Земле. Экология».

Журнал выходит 2 раза в год.

Подписка оформляется по заявочным письмам непосредственно в редакции журнала.

Заявки направлять по адресу:

410012, Саратов, Астраханская, 83.

Редакция журнала «Известия Саратовского университета».

Тел. (845-2) 52-26-85, 52-50-04; факс (845-2) 27-85-29;

E-mail: farik26@yandex.ru

Каталожная цена одного выпуска 300 руб.