



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

- Башкатов А. Н.** Гуманитарно-географические исследования в Саратовском регионе 3
- Чумаченко А. Н., Новаковский Б. А., Макаров В. З., Каргашин П. Е., Ольхов А. А.** Картографический подход при проектировании сети экологического мониторинга на объектах нефтегазовой отрасли 8
- Уставщикова С. В.** Тенденции современной территориальной организации сельского населения Саратовской области 12
- Банников А. Ю.** Влияние интеграционных процессов на территориальную структуру химической промышленности новых федеральных земель Германии 16
- Молочко А. В., Жучков П. С.** Имитационное моделирование риска чрезвычайной ситуации при аварии на участке магистрального газопровода (на примере Петровского района Саратовской области) с использованием геоинформационных технологий 20
- Рыхлов А. Б.** Оценка параметров законов изменения средней скорости ветра с высотой в приземном слое атмосферы на юго-востоке европейской части России для решения задач ветроэнергетики 28
- Пряхина С. И., Гужова Е. И., Смирнова М. М.** Климатические риски в сельскохозяйственном производстве и некоторые пути их преодоления 35
- Иванова Г. Ф., Левицкая Н. Г., Шаталова О. В.** Влияние экстремальных проявлений климатических изменений на продуктивность сельскохозяйственных культур 41
- Морозова С. В.** Организация автоматизированного рабочего места синоптика-долгосрочника (АРМС-Д) на основе ГИС-технологий 47

## Геология

- Букина Т. Ф., Яночкина З. А.** Триасовые отложения Прикаспийской впадины (литолого-стратиграфический очерк) 51
- Здобнова Е. Н.** Водоросли *Tasmanites* Newton, 1875 нижнепермских отложений западной части Прикаспийской впадины и их значение для стратиграфии и нефтяной геологии 57
- Кухтинов Д. А., Кухтинов П. Д.** Кунгурская остракодовая биофацция *Paraparchites* как корреляционный биостратиграфический репер и поисковый признак на углеводороды 64
- Решетников М. В., Дингес О. Г.** Концентрация свинца и кадмия на территории детских дошкольных учреждений города Энгельса 67
- Рихтер Я. А.** Геотермический режим, тепловой и флюидный потоки Прикаспийской впадины 72
- Свидзинский С. А., Федоров С. А., Московский Г. А.** Внутренняя соляная тектоника в галогенной толще Гремячинского месторождения калийных солей 84

## Personalia

## Сведения об авторах

РЕДАКЦИОННАЯ  
КОЛЛЕГИЯ

- Главный редактор**  
Коссович Леонид Юрьевич
- Заместитель главного редактора**  
Усанов Дмитрий Александрович
- Ответственный секретарь**  
Клоков Василий Тихонович
- Члены редакционной коллегии**  
Аврус Анатолий Ильич  
Аксеновская Людмила Николаевна  
Аникин Валерий Михайлович  
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  
Монахов Сергей Юрьевич  
Орлов Михаил Олегович  
Прозоров Валерий Владимирович  
Прохоров Дмитрий Валентинович  
Смирнов Анатолий Константинович  
Федотова Ольга Васильевна  
Федорова Антонина Гавриловна  
Черевичко Татьяна Викторовна  
Чумаченко Алексей Николаевич  
Шатилова Алла Валерьевна  
Шляхтин Геннадий Викторович

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ  
СЕРИИ

- Главный редактор**  
Первушов Евгений Михайлович
- Заместитель главного редактора**  
Макаров Владимир Зиновьевич
- Ответственный секретарь**  
Попов Евгений Валерьевич
- 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

Багаева Ольга Львовна

### Технический редактор

Агальцова Людмила Владимировна

### 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 06.05.2011.

Формат 60x84 1/8.

Усл. печ. л. 9,07 (9,75).

Уч.-изд. л. 9,4.

Тираж 500 экз. Заказ 20.

Отпечатано в типографии

Издательства Саратовского университета

© Саратовский государственный университет, 2011

## CONTENTS

### Scientific Part

#### Geography

- Bashkatov A. N.** Humanitarian Geographical Researches in the Saratov Region 3  
**Chumachenko A. N., Novakovskiy B. A., Makarov V. Z., Kargachin P. E., Olhov A. A.** Cartographic Approach to Projecting of Ecological Monitoring Network on the Oil-and-Gas Sector 8  
**Ustavshchikova S. V.** The Tendencies of the Modern Territorial Organization of the Rural Population in Saratov Region 12  
**Bannikov A. Yu.** The Influence of Integration Processes at the Territorial Structure of the Chemical Industry of the New Federal States of Germany 16  
**Molochko A. V., Zhuchkov P. S.** Imitating Modeling of Emergency Situation Risk During Accident on Model Part of Gas Main (with Petrovskiy District of Saratov Region as an Example) with GIS Technologies Application 20  
**Rykhlov A. B.** Estimation of Parameters of Laws of Change of Average Speed of the Wind with height in the Ground Layer of Atmosphere on South-East European Part of Russia for the Decision of Problems About Wind Power 28  
**Pryakhina S. I., Gugova E. I., Smirnova M. M.** Climatic Risk in Agricultural Production and Some Ways Their Overcome 35  
**Ivanova G. F., Levitskaya N. G., Shatalova O. V.** Influence of Extreme Displays of Climatic Changes on Efficiency of Agricultural Crops 41  
**Morozova S. W.** Organization of Workstation of Weather Long-Forecaster on Basis Hybrid-Type DEVICE-Technologies 47

#### Geology

- Bukina T. F., Yanochkina Z. A.** Triassic Beds from the Pricaspian Depression (Lithology-Stratigraphy Study) 51  
**Zdobnova E. N.** Alga Tasmanites Newton, 1875 in Lower Permian Sediments within the Western Part of the Pre Caspian Depression and their Role in Stratigraphy and Geology Oil and Gas 57  
**Kukhtinov D. A., Kukhtinov P. D.** Kungurian Ostracod Biofacies Paraparchites as a Biostratigraphic Correlation Reference and Hydrocarbons Exploratory Search Sign. 64  
**Reshetnikov M. V., Dinges O. G.** Concentration of Lead and Cadmium in Territory of Preschool Institutions of the City of Engels 67  
**Richter Ya. A.** The Precaspian Depression Geothermal Conditions and Heat and Fluid Flows 72  
**Svidzinskij S. A., Fyodorov S. A., Moskovskij G. A.** Internal Salt Tectonics within the Halogenic Series in the Gremyachinskoye Potassium Salt Field 84

#### Personalia

- Information about the Authors** 76



# ГЕОГРАФИЯ

УДК 911.3(470.44)

## ГУМАНИТАРНО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В САРАТОВСКОМ РЕГИОНЕ

А. Н. Башкатов

Саратовский государственный университет,  
кафедра физической географии и ландшафтной экологии  
E-mail: albion@info.sgu.ru

В статье освещается опыт гуманитарно-географических исследований, проведенных в ходе проектов по культурному проектированию территорий локального и регионального масштаба. Приводится оригинальная методика полевого изучения исторической среды, рассматривается применение ГИС-технологий в моделировании культурно-символического ландшафта.

**Ключевые слова:** гуманитарная география, культурное проектирование, региональное планирование, ГИС моделирование, Саратовский регион

### Gumanitarian Geographical Researches in the Saratov Region

A. N. Bashkatov

In article experience of the gumanitarian geographical researches spent during projects on cultural designing of territories of local and regional scale is shined. The original technique of field studying of the historical environment is resulted, application of GIS-technologies in modeling of a cultural-symbolical landscape is considered.

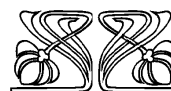
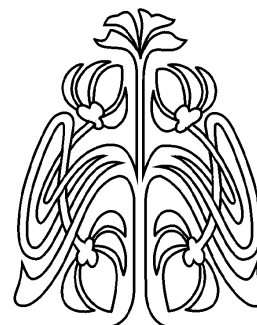
**Key words:** humanitarian geography, cultural designing, regional planning, GIS modeling, the Saratov region.

### Проблематика гуманитарно-географических исследований в Саратовском регионе

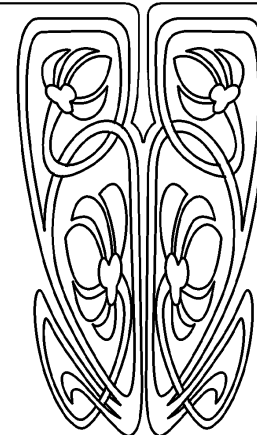
Представление о культурном ландшафте и исторической среде Саратовского региона в последние годы претерпевает существенные изменения. Это объективно обусловленный процесс, вызванный сменой общественно-экономических эпох в стране и сопряженной с этим трансформацией самоидентификации саратовцев, впрочем, как и жителей других регионов. Локальным сообществам и социальным группам надо по-новому осознать своё местоположение в изменившемся политико-административном окружении, найти сильные и уязвимые места в своей культурно-исторической среде.

Ключевым понятием самоидентификации выступает культурный ландшафт как пространственно организованный и объективно познаваемый процесс духовной, интеллектуальной деятельности [1]. Следует особо отметить, что исторические и культурные процессы происходили прежде и совершаются ныне в реальном ландшафте. Именно он является жизненно важным культурно-историческим наследием, в котором живут владельцы наследственного права – наши соотечественники. Людям очень важно знать качество своего богатства и возможность его использования. Ландшафт имеет хорошую память, несравнимую с людской. Долгие годы в нём сохраняется информация об объектах и процессах прошлых состояний [2], наполняющая историческую среду.

Историческая среда в постиндустриальную эпоху проявляется как мощный информационный ресурс, степень освоения которого зависит от наличия технологий выявления и предъявления знаний и образов. Практическое значение ресурсный потенциал культурного ландшафта приобретает, выполняя информационную функцию, которая определя-



НАУЧНЫЙ  
ОТДЕЛ





ется как проявление свойств территории в социально-экономических процессах [3]. К последним можно с уверенностью отнести и образование, и рекреацию, и научно-творческие практики.

Наибольшая выраженность информационной функции наблюдается в пределах природно-исторических ландшафтов – комплексов исторических и природных объектов, связанных определённым контекстом. Термин «природно-исторический ландшафт» применяется в гуманитарной географии в отношении местностей, где происходили реальные или мифологические события, нашедшие отражение в истории, фольклоре, культуре. В качестве примеров можно привести Куликово поле, храм Покрова Богородицы на Нерли, озеро Светлояр и град Китеж, Медведицкую гряду, место приземления Гагарина. В каждом из этих мест исторический объект неотделим от своего природного окружения [4]. Их сочетание синергетически усиливает внешнее проявление свойств ландшафта. Соответственно и его информационная функция больше, чем простая сумма информации природной и исторической компонент.

В данной статье освещается опыт проектов по изучению трёх природно-исторических ландшафтов Саратовского Поволжья разных территориальных уровней: – локального, в пределах городского района; субрегионального, охватывающего агломерацию двух городов; и регионального, простирающегося на сотню километров вдоль правого берега Волги.

#### «Музейная долина»

Первый проект связан с маргинальным районом Саратова – Глебучевым оврагом. Долина оврага разнообразно использовалась, являясь ключевым ландшафтным объектом для центра Саратова. Она служила и сельскохозяйственным предместьем, и полем битвы, и ремесленным районом, и водной артерией, пока не стала колоссальной «свалкой» людей и вещей. Эта территория была знаковой для города на протяжении всей его истории. В современной локальной парадигме Глебучев овраг выступает исключительно как проблемное место в экологическом и социальном значении. Изменить отношение горожан к своей земле был призван проект «Музейная долина». Это проект Саратовского государственного художественного музея имени А. Н. Радищева, поддержанный фондом Владимира Потанина в рамках конкурса социально-культурных проектов «Меняющийся музей в меняющемся мире». Основной идеей проекта стало создание на базе дома-музея Павла Кузнецова (филиала Радищевского музея) постоянно действующей коммуникативной площадки в форме арт экспедиции по комплексному изучению пространства города, области и насыщению его культурными объектами и событиями.

Существенной частью проекта «Музейная долина» являлись мероприятия по инвентаризации

«музейных ресурсов» и составлению «экспозиционного плана». В качестве «музейных ресурсов» рассматривались любые объекты, способные иллюстрировать сложную эволюцию Глебучева оврага от реки к канализационному коллектору. Тематический спектр этих объектов достаточно широк: от могилы Н. И. Вавилова на Воскресенском кладбище до стратиграфических разрезов в строительных котлованах. «Экспозиционный план» – это микротуристический маршрут по музею-долине, рассказывающий о какой-либо странице в истории города или различных аспектах его жизни.

Для выявления информационных ресурсов исторической городской среды в рамках проекта была предусмотрена серия комплексных научных полевых экспедиций силами ученых – партнёров проекта: историков, географов, археологов, антропологов, этнографов, социологов, культурологов, философов, филологов. Многоплановость задач, стоящих перед исследователями, определяла разнообразный состав участников экспедиции. Для оценки пространственных, параметрических и структурно-динамических свойств объекта формировалась группа естествоиспытателей из представителей наук о Земле. Группа визуальной антропологии создавала социальный портрет местного населения. Команда иллюстраторов рисовала (с помощью кадров кино- и фотохроники, словесных образов, а также с помощью видео- и аудио фиксации во время проводимых экспедиций) художественный образ территории. Фиксировались не только геологические разрезы, перепады высот, топонимические и топографические данные, но и сцены повседневной жизни, рассказы местных жителей, надписи на гаражах и заборах.

Задача экспедиций в гуманитарной географии – выявить ресурсную базу (локальный фольклор, легенды, мифы, знаки и символы) и зафиксировать её на карте местности [5].

К лету 2005 года научными экспедициями и разведками проведено исследование всей долины Глебучева оврага.

Установлены истоки речки: три ручья, один из которых берет начало у родника «Серебряный» в районе ул. Вишневой, второй – из урочища «Рябиновская долина» в районе Верхняя Монастырка, третий – из родника Завокзального ущелья. Последний ручей к настоящему времени полностью убран в дренажную систему и засыпан, что рассматривается как потеря истока в общественном сознании.

Устьевая часть долины подверглась наиболее детальному изучению. Здесь происходят значительные градостроительные преобразования: рытьё котлованов, планирование рельефа, отсыпка строительного мусора. В образующихся разрезах найден богатый исторический материал, охватывающий временной период от основания города до сегодняшнего дня.



Неоднократными маршрутными обследованиями охвачены районы Воскресенского кладбища, Пугачёвского посёлка, Сенного рынка, Мясницкого и других более мелких оврагов, впадающих в Глебучев. Выявлены, описаны и картированы особенности городской среды на территории долины, зафиксированы основные черты социального портрета местного населения, особенности его отношения к ландшафтной среде.

В ходе проведения комплексных полевых экспедиций по исследованию городской среды получен ряд результатов, которые были использованы для проектирования культурно-символической среды города [6].

Проект «Музейная долина» проходил при тесном сотрудничестве Саратовского государственного художественного музея им. А. Н. Радищева и Саратовского государственного университета им. Н. Г. Чернышевского. Благодаря этому, в ходе проекта была создана специализированная ГИС Глебучева оврага. В её основу положены данные о культурно-символических ресурсах, выявленных в ходе экспедиций и исследований. Данные включают пространственную и атрибутивную информацию, т. е. о местоположении и свойствах объекта. Всего было нанесено на карту около 400 объектов, что подтверждает исходные предположения о богатстве культурно-исторического наследия «Музейной долины». В качестве топографической основы были положены электронные карты Саратова в масштабе 1 : 25000, отображающие рельеф, жилую и промышленную застройку, зеленые насаждения, транспортные магистрали, уличную сеть. На эту основу были нанесены объекты, которые можно рассматривать как природно-символические и культурно-исторические ресурсы. Это, прежде всего, элементы речного ландшафта, сохранившиеся в городских условиях: сама долина, её притоки, родники, ручьи. В ходе исследований была установлена более полная картина гидрологической сети водосборного бассейна Глебучева оврага, чем существовала в научных и экологических организациях Саратова. Зафиксированы ландшафтные объекты, рассматриваемые жителями города как сакрально-символические, например родник «Серебряный» близ женского монастыря. Отмечены наиболее проблемные в экологическом отношении места – территории подтопления, колоссальные свалки, гепатогенные зоны. Карта долины стала основой для локализации для культурно-исторических ресурсов. Их классификация гораздо более разнообразна. Это и культовые учреждения (храмы, кладбища, действующие, разрушенные и забытые), и памятные места, связанные с именами выдающихся людей, и центры социальной активности [7].

### **Саратовское озеро**

В 2006–2007 годах краеведческий музей г. Энгельса (Саратовская область) выполнил про-

ект «Саратовское озеро: сакральная география», поддержанный Благотворительным фондом В. Потанина в рамках конкурса «Меняющийся музей в меняющемся мире». Это дальнейшее развитие сотрудничества университета и музеев в изучении культурно-исторических ландшафтов, заложенного проектом «Музейная долина», осуществленным в 2004–2005 годах домом-музеем Павла Кузнецова.

В центре внимания проектной группы оказалось пространство Волги между городами Саратов и Энгельс, расположенными напротив друг друга на правом и левом берегах великой реки. Два этих города образуют градостроительную систему, прочно связаны между собой и, по сути, являются единым «двойным» городом. Река-святыня протекает через этот город, но в «бытовой географии» горожан остаётся «окраиной», не обустроенным пространством, границей между правобережной и левобережной частями. Саратовский и Энгельсский краеведческие музеи занимаются «своими берегами», а река шириной более 3 км с множеством островов остаётся вне зоны их внимания.

Вообще сама Волга перешла в иное качественное состояние, стала водохранилищем, что повлекло за собой целый ряд экологических и социально-экономических проблем. Из источника богатства и радости река превратилась в фактор беспокойства. Кроме того, с развитием железнодорожного и автомобильного транспорта, Волга перестала быть «большой дорогой», по которой осуществлялась связь с остальным миром. Набережные фасады волжских городов, маленькие и пафосные, не утоляют жажду речного простора. Остальное прибрежное пространство, где недавно кипело портовое хозяйство, занято промышленно-складским хламом. Изоляция жилых кварталов поясом второстепенной градостроительной инфраструктуры стала системной проблемой для большинства волжских городов. Преодоление этого рубежа в основном носит характер частных социальных практик: походы на рыбалку, купание в недозволенных местах, пикники на бетонных плитах [8].

Проект был призван вернуть Саратову–Энгельсу волжскую историю. Основной акцент был сделан на «народное краеведение» – изучение местных представлений о месте [9]. В конечном итоге судьба любого ландшафта зависит от того, как к нему относятся населяющие его люди. А их отношение, в свою очередь, зависит от самоидентификации.

Гуманитарно-географические исследования в рамках проекта носили разнообразный характер. Был применён весь арсенал методических приёмов, наработанных в ходе проекта «Музейная долина».

Во-первых, это комплексные экспедиции и экскурсии с фиксацией на карте разнообразных культурно-символических ресурсов, объектов исторического наследия, ландшафтных доминант,



сбор литературных и архивных материалов по локальной истории, опросы местного населения для формирования «народного краеведения». Последнее представляет собой локальную парадигму, существенно отличающуюся от изложенной в краеведческой литературе. Часто проигрывая академической науке в источниковой базе, «народные» представления более адаптированы к актуальной ситуации и реальным потребностям местного сообщества. Так, например, жители дачного посёлка Шалово мало осведомлены о городище левобережного Саратова, но прочно связывают историю своего места с речкой Саратовкой, впадающей в протоку Сазанку, по которой можно было доплыть до Увека.

Во-вторых, синтез добытых сведений не как простой суммы информации, а как основы для нового локального мифа, связующего Место с природно-историческим ландшафтом, а последний с исторической областью.

В-третьих, формат конечного продукта. В первом проекте это был «путеводитель», во втором – «мифопоэтический атлас». По сути, в обоих случаях это географическое издание в форме альманаха, объединяющее карты, тексты, фотографии, рисунки, структурированное по территориальному принципу.

#### **«Белая земля»**

В полной мере вышесказанное применимо и к легендарным местам «понизовой вольницы». К наиболее известным из них относится «Утёс Степана Разина» – один из правобережных мысов в 15 км выше Столбичей. Однако визуально мыс мало оправдывает своё громкое имя. Это ровная площадка на высоком берегу, ограниченная с трёх сторон ярами, со следами городища в виде ям, валов и рвов. Таких утёсов по правому берегу Волги сотни, на десятках из них были городища; и путники часто принимали за легендарное место близко расположенную величественную гору Дурман. Достоверно неизвестно, имеет ли это место отношение к каким-либо событиям крестьянской войны под руководством Разина или его разбоям. Тем не менее мифология места поддерживается как минимум лет двести и распространяется не столько на сам «Утёс», сколько на весь окружающий район. Этому способствуют обилие замечательных и таинственных объектов, красота и стихийность ландшафта. Общий облик побережья распространяется от «Утёса» до Осинового лбища у с. Золотое вверх по течению Волги и до Уракова бугра вниз по течению. Обрисует его основные черты: высокий обрывистый берег; сырты – плоские отроги отстоящих от Волги поверхностей Приволжской возвышенности; прибрежные шиханы. В палитре цветов преобладают светлые тона верхнемеловых и палеогеновых пород. Берега, горы, скалы, дороги наполнены белым цветом, поэтому представля-

ется уместным назвать эти места «Белая земля». Такое название более адекватно современному отношению к ландшафту, отражающему интерес к его природным и историческим особенностям и лишь номинально маркируемому «Утёсом». Границы природно-исторического ландшафта можно проводить по-разному в зависимости от выбранных критериев, предварительно они совпадают с восточным макросклоном Приволжской возвышенности от широты с. Золотого на севере до г. Камышина на юге. На указанном протяжении сохраняются основные природные и культурно-исторические черты территории. Сходен и спектр проявляемых к ней интересов со стороны краеведов, учёных и туристов. Это посещение легендарных мест «Утёс Степана Разина», гора Дурман, овраг Стенькина тюрьма, Даниловская речка, Ураков, Настин и Стенькин бугры с комплексом пещер и штолен, Столбичи, Шербаковская балка), краеведческие исследования, научные экспедиции (здесь находятся ключевая орнитологическая территория, меловая флора, палеонтологические и археологические объекты), эколого-образовательные программы, экологический туризм. В границах природно-исторического ландшафта расположены природный парк «Шербаковский» (Волгоградская область) и памятник природы «Нижне-Банновский» (Саратовская область).

Гуманитарно-географические исследования на «Белой земле» проводятся более 10 лет и наследуют методологические традиции конца XIX–начала XX века, когда этим районом активно интересовалась Саратовская ученая архивная комиссия [10]. К настоящему времени исследования наиболее активно развиваются в направлении имагинальной (образной) географии – издан фотоальбом «Белая земля» [11]. В 2000 году появился сайт «Клуб научного туризма», через 10 лет модернизированный в портал «Наследие», на котором были размещены материалы о «разинском утёсе» и окрестных достопримечательностях.

#### **Заключение**

Цель изучения природно-исторического ландшафта – включение его в реальные процессы по социально-экономическому развитию территории. Надо понять, что следует сохранять в неприкосновенности, что можно трансформировать, чем можно пожертвовать, какова ценность отдельных частей. Практически ситуация складывается так: население и хозяйствующие субъекты зачастую даже не знают, на каком историческом и природном поле они действуют, наука отстраненно изучает эти процессы, музеи бережно собирают и хранят обломки наследия. В итоге ученые и музейщики чувствуют свою ненужность, а народные массы лишены чувства родины. В такой ситуации только проходимость хорошо – ничто их не ограничивает. Что же касается полноты понимания наследия, то она явно недостаточна



для внятного разговора с обывателями. Да и отношение к наследию, система ценностей меняются со временем. Поэтому вряд ли когда-нибудь мы столкнёмся с ситуацией, когда раз и навсегда будет установлено, что именно составляет список культурно-исторического и природного наследия и как следует относиться к конкретному объекту из этого списка. В проектах «Музейная долина» и «Саратовское озеро» основное внимание было уделено локальным мифам и символам. Лишь небольшая их часть совпадает с «официальными» достопримечательностями, большинство объектов можно отнести к «народной» топографии. Но именно они детально прорисовывают образ ландшафта, делают его узнаваемым для современников и одушевленным для потомков. Именно здесь ученые и музейщики могут оказать друг другу наибольшую помощь. Они находят точки соприкосновения и дополнительные черты научной и народной картин локального ландшафта. Проект «Белая земля» акцентирует внимание на природоохранных проблемах и нацелен на поиск путей использования информационного ресурса в развитии территории.

Основной методологической проблемой стал язык описания природно-исторического ландшафта. Например, гора и пос. Увек на южной окраине Саратова. Гора известна своими оползнями, а поселок – наследием золотоордынского г. Уека. У саратовских обывателей Увек ассоциируется с большим кладбищем и железнодорожным мостом через Волгу. И беседа об Увек между геологом, археологом и местным жителем натывается на терминологические препоны, необходимость объяснять понятным собеседнику языком привычные для специалиста понятия. Каждый говорит о своем. Но в результате надо вывести единый сложный образ, и спор о главном и второстепенном неизбежен.

Парадигма гуманитарно-географических исследований позволяет синтезировать самые разные представления о Месте. Это и накопленный предшествующими исследователями научный материал, и литературно-художественные образы, и мифологема местного населения, и результаты натуральных наблюдений.

Культурное проектирование в исторической среде немислимо без пространственного анализа. Необходимо четко представлять местоположение и свойства культурных ресурсов, их расположение относительно социальных, градостроительных и природных объектов. Всё это позволяет осуще-

ствить геоинформационная система с помощью «наложения слоёв» – наиболее распространенной операции по совмещению различных карт.

В рамках проектов хорошо зарекомендовала себя форма конечного продукта – печатное издание, вбирающее в себя самый широкий спектр форматов, от эссе и стихов до научно-популярных статей. Такое издание можно рассматривать как путеводитель. Формат путеводителя позволяет совмещать научные данные, адаптированные к широкой читательской аудитории, с художественными образами территории. Возможно, имеет смысл разделять эти компоненты на различные издания единой серии.

#### Библиографический список:

1. *Родоман Б. Б.* Культурный ландшафт // Гуманитарная география. Вып. 4 / под ред. Д. Н. Замятина, М., 2007.
2. *Дахин А. В.* Место памяти // Там же.
3. *Веденин Ю. А., Шульгин П. М.* Новые подходы к сохранению и использованию культурного и природного наследия в России // Изв. РАН. Сер. географическая. 1992. № 3.
4. *Шульгин П. М.* Историко-культурное наследие как особый ресурс региона и фактор его социально-экономического развития // Электронное периодическое издание «Культура в Вологодской области» URL : <http://www.cultinfo.ru/cultura/2005-02/analitic.htm> (дата обращения : 21.08.2011).
5. *Замятин Д. Н.* Локальные истории и методика моделирования гуманитарно-географического образа города // Гуманитарная география. Вып. 2 / под ред. Д. Н. Замятина, М., 2005.
6. *Башкатов А. Н., Сорокин И. В.* Культурно-символические ресурсы территории для проектной деятельности // Справочник руководителя учреждения культуры. 2006. № 10.
7. *Башкатов А. Н.* Географические информационные системы в социально-культурном проектировании территории // Компьютерные науки и информационные технологии : сб. материалов Международной конференции. Саратов, 2007.
8. *Башкатов А. Н.* За рубежом // Современный город: повседневность и экстремальность. Саратов, 2006.
9. *Башкатов А. Н.* Народное краеведение // Справочник руководителя учреждения культуры. 2008. № 4.
10. *Башкатов А. Н.* Краеведческий туризм в природно-историческом ландшафте «Белая земля» : сб. материалов XII краеведческих чтений СОМК. Саратов, 2009.
11. *Башкатов А. Н., Кошкин В. А.* Фотоальбом «Белая земля». Саратов, 2008.



УДК 55:004:622.992.2–032.32:504 (470.44)

## КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ ПОДХОД ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СЕТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

А. Н. Чумаченко, Б. А. Новаковский<sup>1</sup>, В. З. Макаров,  
П. Е. Каргашин<sup>1</sup>, А. А. Ольхов<sup>1</sup>

Саратовский государственный университет,  
кафедра геоморфологии и геоэкологии,  
кафедра физической географии и ландшафтной экологии  
<sup>1</sup>Московский государственный университет,  
кафедра картографии и геоинформатики  
E-mail: geogr@squ.ru

Сооружение и эксплуатация объектов нефтегазовой отрасли оказывает негативное воздействие на окружающую среду. Оно может быть минимизировано при условии своевременного выявления при экологическом мониторинге и принятия соответствующих превентивных мер. В целях оптимизации, а также для повышения оперативности экологического мониторинга необходим обоснованный выбор пунктов предполагаемых работ. При этом следует учитывать множество природных и организационных факторов, а также особенностей технологического процесса строительства и эксплуатации объектов нефтегазовой отрасли. В данной статье рассматривается подход к проектированию сети экологического мониторинга для территорий объектов нефтегазовой отрасли на основе картографического моделирования.

**Ключевые слова:** нефтегазовая промышленность, геоинформационные технологии, картография, геоэкологический мониторинг.

### Cartographic Approach to Projecting of Ecological Monitoring Network on the Oil-and-Gas Sector

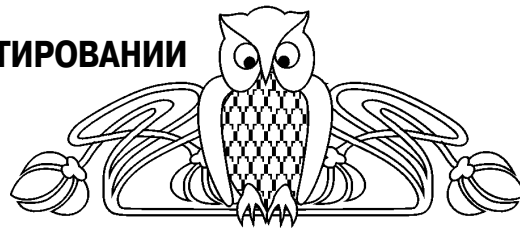
A. N. Chumachenko, B. A. Novakovskiy, V. Z. Makarov,  
P. E. Kargachin, A. A. Olhov

The construction and operation of industrial objects of oil and gas branch cause negative influence on environment. It could be minimized under condition of a well-organized system of ecological monitoring and acceptances of corresponding preventive works. In a view of optimization and also for increase of efficiency of ecological monitoring there are necessary the well-founded choice of points of prospective works. Thus it is necessary to consider set of natural and organizational factors and also features of technological process of construction and operation of objects. In given article consider the method of designing for a network of ecological monitoring for territories of objects of oil and gas branch on the basis of cartographical modeling.

**Key words:** oil-and-gas industry, geoinformational, cartography, geoeological monitoring.

### Постановка проблемы

В настоящее время в связи с возрастающими в обществе потребностями в энергоносителях все больше внимания уделяется развитию топливно-энергетического комплекса. Он состоит из не-



скольких отраслей, но ведущее место занимает нефтегазовая промышленность, имеющая довольно сложную структуру. Основу для нее составляют комплексы нефтяных и газовых месторождений, а также системы магистральных трубопроводов, представляющие наиболее приоритетный вид транспорта по ряду характеристик. Значительные объемы перебрасываемого сырья, наибольшая степень автоматизации, бесперебойность, высокая скорость работы и надежность делают его универсальным в транспортировке углеводородного топлива, особенно в газовой отрасли.

Сооружение системы объектов нефтегазовой отрасли производится довольно динамичными темпами и охватывает значительную по площади и протяженности территорию. На всех этапах строительства трубопроводов и их инфраструктуры, при разработке месторождений и в процессе добычи сырья остро стоит вопрос о защите окружающей природной среды от загрязнения опасными веществами и излучений, которые ведут к деградации каждого ее компонента. В связи с этим необходимо уделять особое внимание природоохранным мероприятиям, главной задачей которых является минимизация размеров этого воздействия. Это можно осуществить при условии его своевременного выявления и предупреждения критических и аварийных ситуаций. Одними из эффективных методов мониторинга негативных процессов на объектах нефтегазовой отрасли и планирования природоохранных мероприятий являются картографический метод и космосъемки поверхности Земли.

### Картографическое обеспечение планирования и создания сети экологического мониторинга

Для оценки воздействия на природную среду широко применяется экологический мониторинг, предполагающий изучение экосистем аэрокосмическими методами, а также комплекс мероприятий по их наземному исследованию. Последние подразделяют полевые исследования территории, которые включают в себя разнообразные компонентные и комплексные геоэкологические работы. Один из принципов экологического мониторинга, которые детально изложены в монографии «Нефть и окружающая среда Калининградской области» [1], говорит о необходимости оперативного предоставления данных и результатов всем заинтересованным службам. Это невозможно без оптимизации работ на всех стадиях слежения





за состоянием окружающей среды, начиная с проектирования сети мониторинга и заканчивая представлением данных в итоговом виде.

Важный этап – проектирование системы мониторинга, на котором необходимо создать сеть пунктов слежения за состоянием природной среды. Эта система обеспечит не только получение необходимой информации, но и возможность легкого доступа к пунктам мониторинга. В целях их оптимизации, а также для повышения оперативности экологического мониторинга необходим обоснованный выбор пунктов предполагаемых работ. При этом следует учитывать множество природных и организационных факторов, а также особенностей технологического процесса строительства и эксплуатации объектов нефтегазовой отрасли.

Особенности состава работ по сооружению и эксплуатации объектов инфраструктуры нефтегазовой отрасли непосредственно влияют на комплекс мероприятий по экологическому мониторингу. Так, к примеру, знание технологии извлечения сырья из пластов дает возможность определить состав работ по экологическому мониторингу территории в районе каждого кустового участка. Понятие о топологии системы сбора сырья и производственные процессы в каждом её узле позволяют выявлять пункты потенциального воздействия на окружающую среду, судить о его распределении по территории и, как следствие, наиболее рационально планировать сеть мониторинга.

При проведении планирования природоохранных мероприятий важную роль играет визуализация информации. Ландшафтные особенности территории проведения работ, а также данные о проектируемых на ней объектах представляют собой пространственно определенную информацию, наиболее удачным способом визуализации которой являются картографические материалы. Они позволяют получать первичные (почвы, распределение стока, циркуляционные процессы в атмосфере и т. д.) и производные (морфометрия, лесистость, распаханность и т. д.) характеристики территории, важные в любом географическом исследовании [2, 3]. Использование общегеографических, природно-ресурсных и других тематических карт упрощает описание различных природных и антропогенных объектов.

На этапе проектирования объектов, помимо исчерпывающих текстовых описаний и статистических данных, обязательно привлекаются серии карт, характеризующие местность с точки зрения природных условий и ресурсов, а также существующего антропогенного воздействия. В обязательном порядке учитывают материалы, характеризующие специфические условия данной территории. Это, к примеру, карты многолетней мерзлоты для северных территорий, засоленности почв и минерализации подземных вод для аридных земель или карты сейсмичности для горных районов.

При целевом анализе карт выявляются типологические и индивидуальные черты ландшафта, уровень организации и состояние хозяйства, иерархически соподчиненные ландшафтные структуры разного порядка и т. д., что играет большую роль при организации экологического мониторинга.

Выбор пунктов наблюдения должен не только отвечать природным особенностям территории, но и учитывать экономический, организационный, техногенный факторы, а также транспортную доступность планируемой сети мониторинга. Для учета всей специфики ландшафта нужно иметь в виду большое количество разнородных данных, которые локализованы на значительной площади. В целях упрощения анализа подобной ситуации удобнее всего использовать картографический подход. Приоритет такого подхода заключается в том, что карты позволяют изучать пространственно-временные закономерности систем любого уровня, при этом картографическую модель можно сочетать с другими подходами: системным, аналитическим, историко-генетическим, сравнительным.

Исследуемую территорию следует оценивать с точки зрения каждого из факторов, влияющих на выбор точек мониторинга. Данные о тех или иных факторах содержатся в картографическом виде в проекте строительства объекта и в материалах инженерно-экологических изысканий на данной территории.

Определим необходимые карты, требуемые для планирования сети мониторинга. Как представляется, перечень карт, минимально необходимый для проектирования сети мониторинга, должен содержать ситуационный план, карту размещения проектируемых объектов и карту технических решений (в случае для территорий, на которых проводят строительные работы), ландшафтную карту, карты опасных экзогенных процессов, карту районов с ограниченным режимом природопользования и карту химического загрязнения ландшафтов. Источником указанного картографического материала является документация по инженерно-экологическим изысканиям исследуемой территории.

**Ситуационный план** содержит данные о местоположении и общегеографических особенностях территории строительства, иными словами, её современную топографическую характеристику. В рамках решаемой задачи наиболее значимыми элементами этой карты являются рельеф, гидрографическая и дорожная сети, растительный покров, грунты, населенные пункты и линии электропередач. При анализе поля горизонталей (изогипс) можно вычислить морфометрические характеристики рельефа, дать самую общую геолого-геоморфологическую характеристику территории. На основе анализа гипсометрических особенностей местности можно определить водосборные бассейны, области денудации и аккумуля-



ляции. Типы землепользования (лесные земли, пашня, пастбища и пр.) и степень расчлененности рельефа позволяют анализировать рельефообразующие процессы, их интенсивность. Для более детального исследования удобнее использовать карту современных экзогенных процессов.

Изучение конфигурации дорожной сети, категории дорог и характера рельефа позволяет определять доступность тех или иных объектов нефтегазодобычи и выделить так называемые временные зоны доступности. Это важно для выявления оптимальной топологии маршрутов обходчиков, для контроля за состоянием инженерной инфраструктуры, а также определения труднодоступных участков, особенно на сильно пересеченной или заболоченной местности. Кроме того, по наличию объектов, являющихся источниками электромагнитного загрязнения (ЛЭП, электрические подстанции и т. д.), можно судить о его уровне на тех или иных участках.

**Ландшафтная карта** содержит комплексную характеристику природно-территориальных комплексов до начала работ на исследуемой территории, т. е. данные об исходном состоянии природной среды. Сопреженный анализ ландшафтной карты и рельефа на ситуационном плане помогает выявить общие закономерности в геохимических связях элементов ландшафтной структуры, представить ландшафтно-геохимическую и катенную структуру территории исследования [2]. Этот аспект территориального анализа является значимым, поскольку знание векторов потоков вещества и энергии в ландшафте позволяет объяснить их дальнейшее распределение и соответственно дает возможность выделить зоны потенциального загрязнения поверхностных и грунтовых вод, почв и грунтов, например, вокруг скважин, нефтяных амбаров, нефтесборных пунктов и пр. Впоследствии указанную информацию можно использовать для оценки изменения природно-территориальных комплексов. В дополнение к ландшафтной карте желательно использовать аналитические карты: **карты растительности, почвенные карты и карты четвертичных отложений**, которые представляют разностороннюю характеристику ландшафтной структуры территории.

**На карте современных экзогенных процессов** показаны участки с высокой активностью рельефообразования. Данная карта создается при проведении инженерно-экологических изысканий. Участки с активными экзодинамическими процессами регулярно обследуют. Отсутствие контроля за процессами внешней динамики рельефа может привести к нарушению функционирования любого типа инженерных объектов и спровоцировать аварийные ситуации.

**Карта технических решений** характеризует размещение объектов строительства (газовая или нефтяная труба, объекты инфраструктуры), а также специализированные решения для наиболее сложных в техническом плане участков

строительства (переходы через водотоки, овраги, пересечения с дорожным полотном и т. д.). Карты для подобных участков часто целесообразно представлять в более крупном масштабе, чем остальные в данной серии. Поскольку в каждой сложной технической ситуации необходимо искать рациональный выход, он может носить различный характер в отличающихся условиях строительства. Как следствие, экологический мониторинг на таких участках требует индивидуального подхода к каждому техническому решению.

**Карта районов с ограниченным режимом природопользования (или карта экологических ограничений строительства)**. Данная карта содержит сведения об участках, где при проведении работ следует придерживаться определенных нормативных документов. Примером таких территорий служат заповедники, природные парки, водоохранные зоны, места произрастания редких видов растений, пути миграции животных и т. д. [4].

**Карта химического и физического загрязнения ландшафтов** дает информацию о превышениях предельно допустимых значений химических элементов в отдельных компонентах природной среды. Это может быть связано с местными особенностями ландшафта (например, с рудопроявлением) или с их привнесением в ходе миграции вещества между природно-территориальными комплексами или их компонентами. Карта составляется на основе результатов лабораторных анализов проб почв, донных отложений, воды, воздуха, а также измерений радиационного, электромагнитного фона и показывает состояние природной среды до начала строительства.

Совместный картографический анализ указанного материала, используемый для выявления природных взаимосвязей, позволяет выявить наиболее важные с позиций мониторинга участки местности, предложить состав работ и детально исследование для каждого пункта сети мониторинга, определить количество и продолжительность маршрутов, выявить оптимальную последовательность обхода пунктов мониторинга. В зависимости от ситуации каждый пункт может быть приурочен к техническому объекту (например, компрессорная станция или газовая скважина), природному комплексу (лесные, степные, долинные, болотные сообщества), зоне с ограниченным режимом природопользования или территории со специфическими условиями строительства (переходы трубопровода через водотоки).

Результаты анализа исходных данных о природной среде и технической системе позволяют предложить еще один картографический сюжет, который отражает пространственное положение пунктов сети мониторинга. На предлагаемой карте следует привести более полную характеристику каждого пункта, а именно необходимый вид работ (мониторинг, контроль выполнения при-



родоохранных решений и т. д.); состав работ в пункте: геоботанические и геоморфологические описания, описания гидробионтов, измерения радиационного фона, уровня шума, характеристик электромагнитного поля, отбор проб воздуха, почвы, воды, донных отложений, адресная привязка и пр. [5].

Качественно выполненные изыскания, достаточная база пространственных данных, четко обоснованный прогноз и работы с картографическими материалами с использованием компьютерных, в особенности геоинформационных, технологий дают возможность удерживать негативные природно-антропогенные процессы под контролем. Тем не менее на данный момент создание и обновление картографической информации являются одним из наиболее трудных аспектов природоохранной деятельности при строительстве объектов нефтегазовой отрасли. Требования к нему в нормативно-методических документах государственного и отраслевого уровней отличаются неполнотой и нечеткостью формулировок; игнорируются многие особенности данной отрасли.

В тех случаях, когда необходимо многократно использовать географическую основу, а тематическое содержание регулярно менять, удобнее всего использовать компьютерные системы, позволяющие делать обновление картографического обеспечения в автоматизированном режиме. При работе в таких программах создаются базы данных, содержащие как пространственную, так и атрибутивную информацию об объектах на карте, которую впоследствии можно актуализировать под реальную ситуацию, так как в процессе строительства она быстро меняется [6].

В практической деятельности применяют ГИС-пакеты, которые помимо вышеуказанных функций имеют множество инструментов и графических библиотек, которые облегчают процесс создания карт и минимизируют затраченное на него время. Кроме того, при создании тематической нагрузки удобно использовать программный блок создания карт [7]. В настоящее время методы моделирования не позволяют получать результаты, достаточные для решения всех задач в области природоохранной деятельности. В связи с этим наиболее приемлемым остается накопление знаний о данной области, основанное на различных реализациях системного подхода к оценке воздействия на окружающую среду.

Привлечение картографических материалов к проектированию сети пунктов наблюдения является наиболее оптимальным решением задач геоэкологического мониторинга, поскольку позволяет одновременно учесть все важные группы факторов. Это необходимо для достижения высокой оперативности функционирования системы мониторинга, обеспечения информативности и, как следствие, выполнения требований экологической безопасности на нефтегазовом комплексе.

Анализ картографических материалов является оптимальным методом обоснования пунктов геоэкологического мониторинга. Это касается как объектов нефтегазовой промышленности, так и других отраслей народного хозяйства, где важен системный подход при изучении природно-технических комплексов. Для успешной реализации проектного этапа работ к созданию и анализу картографического материала следует привлекать ученых-географов соответствующих областей, а сам анализ карт дополнять другими источниками.

Предлагаемый подход позволяет учитывать специфику природных комплексов и технических систем на различных стадиях реализации проекта. Значительная автоматизация при проектировании сетей геоэкологического мониторинга возможна на основе баз атрибутивных данных, дополненных таблицами, характеризующими подход к организации работ и полному применению методов и средств геоинформационного картографирования. В последнем направлении важная роль отдается системам поддержки принятия решений.

Выводы:

1. Современная практика геоэкологического мониторинга в должной мере не учитывает возможности новейших методов картографии и геоинформатики. Требуется более активное знакомство и использование накопленного в этих науках опыта в природоохранной деятельности.
2. Картографический метод исследования, сочетаемый с данными дистанционного зондирования и ГИС-технологиями, является наиболее эффективным средством контроля за геоэкологической ситуацией на объектах нефтегазовой отрасли.

#### Библиографический список

1. Нефть и окружающая среда Калининградской области. Т. 1. Суша / под ред. Ю. С. Каджояна и Н. С. Касимова. М., 2008. 360 с.
2. Макаров В. З., Чумаченко А. Н., Федоров А. В., Игнатов О. И., Данилов В. А., Солдаткин С. И. Применение ГИС-технологий при оценке факторов природного риска на нефтяных месторождениях Нижнего Поволжья // Проблемы региональной экологии. 2004. № 3. С. 89–99.
3. Макаров В. З., Чумаченко А. Н., Федоров А. В., Данилов В. А. Опыт использования геоинформационных технологий в ОАО «Саратовнефтегаз» // Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: материалы междунар. конф. Саратов (Россия) – Урумчи (Китай). Саратов, 2008. Т. 1. С. 240–246.
4. Садов А. П., Каргашин П. Е., Варущенко С. С., Кречетов П. П. Картографирование воздействия на природную среду при строительстве магистральных газопроводов / Газовая промышленность. 08/635/2009 (август 2009). С. 55–58.
5. Каргашин П. Е. Эколого-географическое картографирование при строительстве магистральных газопро-



водов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География, 2008. С. 13–18.

6. Каргашин П. Е., Новаковский Б. А., Прасолов С. В., Садов А. П. Геоинформационное обеспечение экологического мониторинга объектов транспортировки газа (на примере участка магистрального газопровода) // ИнтерКарто/ИнтерГИС 14: Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт : материалы междунар. конф.,

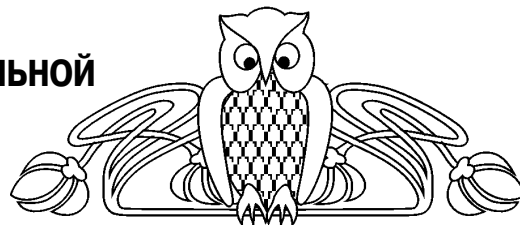
Саратов (Россия), Урумчи (Китай). Саратов, 2008. Т. 2. С. 74–79.

7. Жуков В. Т., Новаковский Б. А., Чумаченко А. Н. Компьютерное геоэкологическое картографирование. М., 1999. 128 с.

8. Берлянт А. М. Картографический метод исследования. М., 1988. 252 с.

УДК 911.3:312(470.44)

## ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННОЙ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО НАСЕЛЕНИЯ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ



С. В. Уставщикова

Саратовский государственный университет,  
кафедра экономической географии  
E-mail: sveus1@yandex. ru

Проведенные исследования в расселении сельского населения, изменении людности поселений, особенностей миграции, внутриобластных различий демографической обстановки, учет социально-экономического состояния региона дают основания сделать вывод о неизбежности дальнейшего процесса изменения системы сельского расселения. Она будет выражаться в концентрации населения в средних и крупных поселениях и вблизи транспортных магистралей, развитие сельских агломераций; одновременно будет наблюдаться стабилизация количества сельских поселений, в частности, в результате возрождения (перезаселения) ранее исчезнувших поселений.

**Ключевые слова:** демографическая ситуация, расселение, сельская агломерация, миграция.

### The Tendencies of the Modern Territorial Organization of the Rural Population in Saratov Region

S. V. Ustavshchikova

In the article we have analyzed resettlement of the rural population, the changes that had occurred in population size in the settlements in question, peculiarity of migration, and the demographic diversity within different regions. Based on the analysis the conclusion can be drawn that the system of the rural settlements is a subject of great change. According to the upcoming change the population will be concentrated in big settlements and along the thoroughfares. Rural conglomeration will face a considerable development. At the same time the number of rural settlements will stabilize also as a result of revival of the once disappeared.

**Key words:** demographic situation, resettlement, rural conglomeration, migration.

Расселение населения – основа территориальной организации общества. Сельское расселение – неотъемлемая часть расселения населения страны. Оно находится в постоянном развитии. Период с 1990-х гг. XX в., до конца первого десятилетия XXI века вместил в себя такие тенденции, которые сейчас уже принято называть «стрессовой

миграцией» в сельские поселения выходцев из стран СНГ (большинство из которых сейчас уже переехали в города), «рурализацией» населения и поселений (переводом городских поселений в сельские), реформирование сельскохозяйственно-производства, социальной сферы (здравоохранения, образования) села.

Настоящее исследование опирается на материалы переписей населения 1989, 2002 годов и, за неимением данных переписи 2010, на информацию по сельским поселениям за 2007–2009 гг., предоставленную администрацией районов для проведения географическим факультетом СГУ блока работ «Схемы территориального планирования муниципальных районов Саратовской области». Использовались также материалы социологических опросов сельского населения и экспертных оценок, текущая статистическая информация. Был проведен анализ сложившейся геодемографической ситуации в области за 1989–2010 гг., всех ее составляющих: естественного и механического прироста, половозрастной и национальной структур населения.

Анализ динамики численности населения и его составляющих (естественного и миграционного движения) проводился с 1989 по 2009 гг. В начале XXI в. уже изменились направления и причины миграций (экономические факторы стали вновь преобладающими), наметились тенденции сокращения смертности и увеличения рождаемости как по стране в целом, так и по Саратовской области. Тем не менее численность населения региона сократилась за эти годы на 111,6 тыс. человек. Причем городское население уменьшилось на 81,6 тыс., сельское – на 30,0 тыс. человек [1]. Если учесть административные преобразования, которые происходили в 8 районах области в конце 90-х гг. (в 5 районах более 26 тыс. человек стали сельскими жителями, в 3 – около 10 тыс. – городскими), то можно считать, что сельское население сократилось на 43–45 тыс. Сокращение городского населения на 87% происходит за счет областного



центра, для которого отрицательными являются показатели и естественного, и механического движения. За исключением роста численности населения городов Энгельса, Вольска и Пугачева численность других городов и городских поселений сокращается, хотя и незначительными темпами, либо стабилизируется (изменения до 1%), в большинстве случаев это результат внутрирегионального миграционного обмена. Положительный естественный прирост отмечается в г. Новоузенске, городских поселениях Озинки, Ровное, Свободный, Соколовый [1].

Необходимо обратить пристальное внимание на сокращение сельского населения. Оно составляет 26% всего населения области, при этом доля его в сокращении общей численности – 27% (а с учетом административных преобразований еще больше). Причем численность сельского населения 20 районов Правобережья стала меньше на 6,2%, в то время как 18 Левобережных районов – на 5,2%. Правобережье в большей мере охвачено депопуляционными процессами. Показатели естественного воспроизводства населения в Левобережье выше. Необходимо отметить даже «выход» в последние годы на положительный естественный прирост в 5 районах. Однако наметилась тенденция оттока сельского населения из периферийных районов Левобережья (в том числе из тех, где отмечается положительный естественный прирост: Новоузенского, Озинского, Перелюбского). На это в значительной мере повлияло реформирование аграрного сектора экономики. Изменение специализации сельскохозяйственных предприятий на юго-востоке области приводит к сокращению занятости и, как следствие, повышению миграционного оттока сельского населения в города и сельскую местность других районов области и за ее пределы. Динамика основных сельскохозяйственных показателей такова: в области посевные площади составляют 64,9% от показателя за 1990 г., поголовье КРС – 32%, свиней – 37,2%, овец и коз – 19,4% соответственно [2]. Динамика некоторых социальных показателей представляет собой следующее: в настоящее время в области 978 общеобразовательных учреждений [3], что составляет 66,4% от 1990 г., число учащихся в них 61,1% [4]. Число больничных учреждений сократилось соответственно с 256 до 118, амбулаторных учреждений – с 411 до 356 [5].

Демографическая ситуация и социально-экономические реформы оказывают непосредственное влияние на систему расселения. В настоящее время в сельском расселении произошли количественные и качественные изменения. Их суть состоит в изменении численности сельского населения и количества населенных пунктов. Если в 1989 г. число СНП по области составляло 1759, в 2002 – 1697, то в 2009 – 1782. Количество постоянных поселений существенно выросло в Александрово-Гайском (с 16 до 42) и Новоузенском (с 67 до 81) районах. В большинстве районов

области изменения числа поселений измерялись от плюс 1–2 до минус 5–11 (Ртищевский район соответственно 105 – 93, Аткарский – 77 – 66, Екатериновский 79 – 60) [1]. При этом практически во всех районах области есть поселения, которые числятся без населения.

Опорный каркас сельского расселения области в настоящее время составляют поселения – центры сельских округов, они очень устойчивы, в большинстве случаев численность населения в них растет. Они составляют около 34% всех СНП, в них проживает от 45 до 65% сельского населения области (без учета сел-райцентров), средняя людность поселений 500–1000 и 1000–3000 человек. Людность большинства центров растет вследствие притока в них населения как с периферийных поселений округа, так и мигрантов из стран СНГ и регионов Российской Федерации. Это объясняется сосредоточением в них в результате политики прошлых лет почти всей производственной и социальной инфраструктуры; в 1990-е гг. закончилась их газификация. Эти поселения обеспечивались дорогами с твердым покрытием, автобусным сообщением с районным центром. Очевидно, что в ближайшем будущем в области сохранится этот опорный каркас. Численность населения растет и в поселениях меньшей людности, если они имеют выгодное экономико-географическое положение, находясь в пешеходной доступности относительно более крупного и значимого СНП, т. е. входят в «агломерацию». В большинстве районов области выделяются сельские агломерации во главе с районным центром и центрами муниципальных образований. В них независимо от людности поселений численность населения растет. На «периферии» происходит сокращение численности населения в большинстве поселений независимо от людности. Так, например, в Аркадакском районе из 62 СНП «растут» 25, в Балашовском – 15 «растущих» из 60, в Лысогорском – 17 из 41, в Ершовском (Левобережье) – 24 из 61 и т. д. Положительная динамика численности населения зачастую связана не с людностью поселения, а именно с его местоположением в системе расселения и дорожной сетью района. Можно проследить динамику СНП разной людности и населения в них на примере Вольского и Новоузенского районов (рис. 1, 2).

Практически всегда изменения численности населения в СНП на периферии районов, как в Правобережье, так и еще чаще в Левобережье, связаны с переездом местных жителей в центральные поселения своего или одного из соседних районов области, переселением или уходом из поселений населения из республик Кавказа или стран СНГ. Очень показателен пример с курдами. «Курды начали переезжать в Саратовскую область с 1990 года, и поток беженцев, среди которых преобладали *выходцы из Киргизии*, особенно усилился после распада СССР. Селиться пришлось в *отсутствии, покинутых жителями деревнях* в Ер-

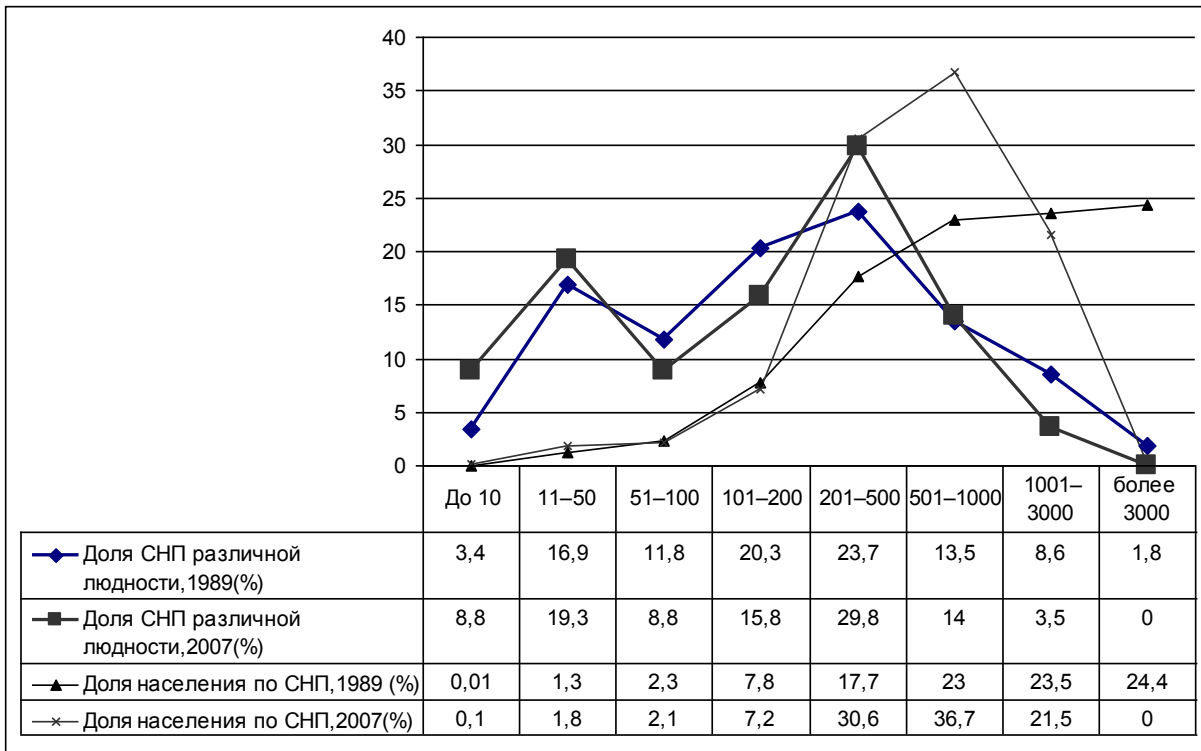


Рис.1. Вольский район. Динамика распределения поселений разной людности и населения в них

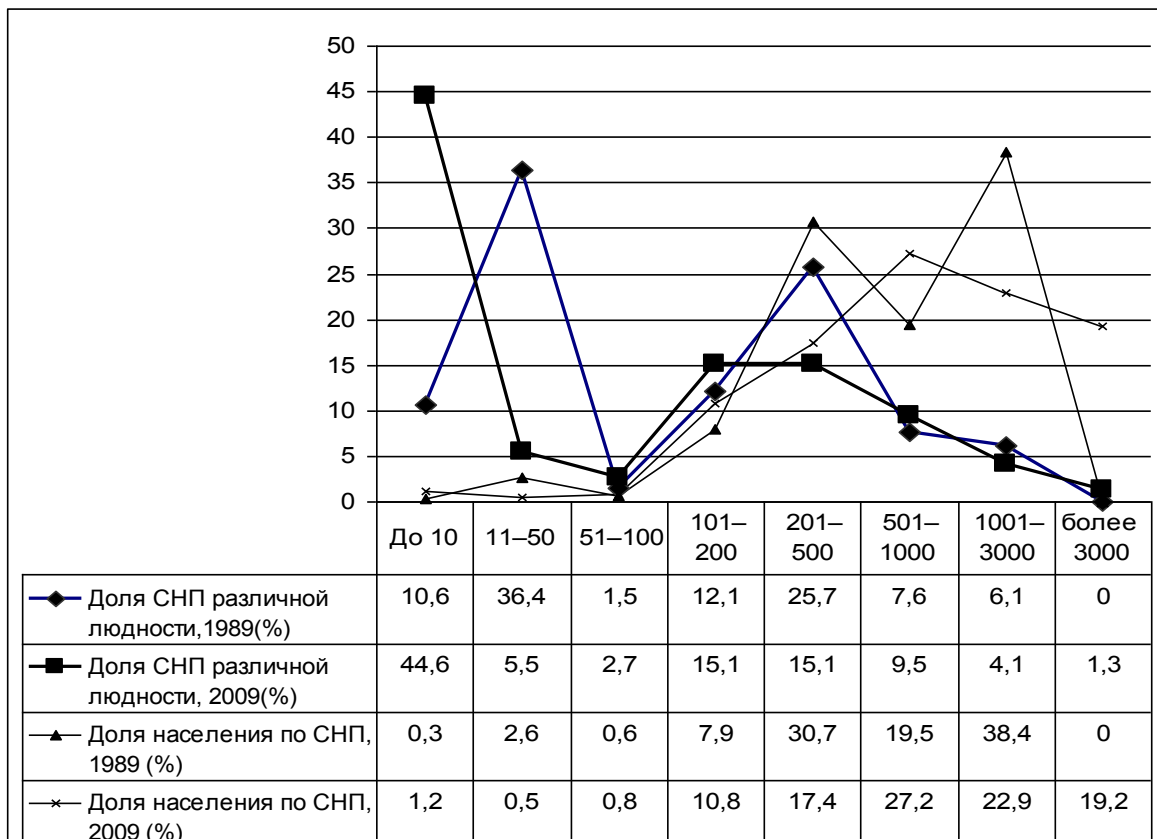


Рис.2. Новоузенский район. Динамика распределения поселений разной людности и населения в них



шове, Дергачах, Перелюбе и Озинках. В Озинском районе *прежде жили казахи*, однако в настоящее время большинство их переехало: эти места считаются экологически неблагополучными. Ситуация усугубляется плохими дорогами и проблемой нехватки питьевой воды. Факт остается фактом: курды вынуждены были поселиться там, где никто больше жить не в состоянии. К сожалению, социально-бытовые условия продолжают ухудшаться: так, например, в некоторых деревнях из-за отъезда жителей были закрыты школы и восстановить их работу удастся далеко не всегда. Когда приехали, *здания стояли пустые и разрушились*.

Они отремонтировали дома. Сейчас в Озинском районе живет *более трех тысяч курдов*. Одна из причин, по которой они выбрали эти места, – здесь обширные пастбища для скота. Однако нехватка воды не дает возможности заниматься тем, что веками кормило курдов – разведением скота. Именно это – основная причина нынешних трудностей и того, что сейчас они находятся лицом к лицу с угрозой нового *вынужденного переселения*» (Курсив автора. – С. У.) [6]. Казахи Саратовской области все активнее переселяются с юго-востока на северо-запад региона как в пределах Левобережья, так и в Правобережье.

Другой пример: с. Рыбушка Саратовского района. Численность населения в 1989 г. – 1211 человек, в 2002 – 1356 (по данным переписи 78% населения русские), в 2007 году – 1295 человек. «Прошло чуть меньше 15 лет с тех пор, как в Саратовской области чеченские татары нашли свой второй дом. В настоящее время открыта мечеть» [7].

«В девяностые годы в Саратовской области, согласно переписи населения, жило 123 узбека. Сейчас право на постоянное место жительства получили около 7200 этнических узбеков, и количество желающих получить российское гражданство и остаться в Саратове постоянно растет. Сюда же направляются потоки узбекских гастарбайтеров, 51% прибывших в область мигрантов – из Узбекистана» [8]. Из Узбекистана приезжают и корейцы, по опросам экспертов, в Краснокутском и Марксовском районах они покупают как дома, так и квартиры. Численность корейцев в области возросла с 545 человек (1989 г.) до 2533 (2002 г.).

По данным переписи 2002 года, такие народы как агулы, балкарцы, кумыки, лезгины, чеченцы проживают, в покинутых русскими, периферийных СНП как в Левобережье, так и в Правобережье области. Изменение численности населения в таких поселениях происходит по-

стоянно. Главным является сам факт «обживания» региона народами Кавказа. Часто такие поселения мононациональны, в них сохраняется традиционный жизненный уклад, происходят видимые изменения в культурном ландшафте местности.

В целом территориальная организация сельского населения Саратовской области на современном этапе характеризуется следующими тенденциями:

- смена в 1990-х годах характера естественного и механического движения сельского населения как фактора развития расселения;
- продолжение концентрации населения в средних и крупных поселениях и вблизи транспортных магистралей, развитие сельских агломераций;
- некоторая стабилизация количества сельских поселений, в частности, в результате возрождения (перезаселения);
- «обживание» периферийных поселений сельских районов населением с Кавказа, из стран СНГ;
- дальнейшее развитие коттеджных поселков (субурбанизация) в пригородных зонах;
- развал значительного числа сезонных поселений горожан, таких как садоводческие товарищества, возникшие в 1990-е гг. Остались поселения, которые образовались в более ранний период (они ближе к городской черте).

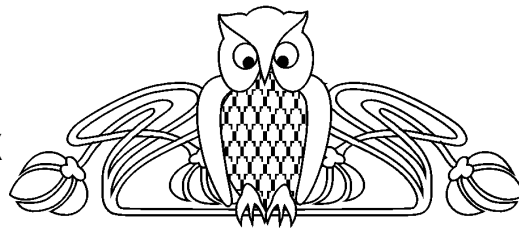
#### Библиографический список

1. Демографический ежегодник Саратовской области. 2008 год : стат. сб. Саратов, 2009. 180 с.
2. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2009 : стат. сб. / Росстат. М., 2009. 990 с.
3. URL: [http://edu.seun.ru/main/npi\\_docs\\_n/191.doc](http://edu.seun.ru/main/npi_docs_n/191.doc) (дата обращения: 18.08.2011).
4. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2010 : стат. сб. / Росстат. М., 2010. 996 с.
5. Регионы России. Основные характеристики субъектов Российской Федерации. 2010: стат. сб. / Росстат. М., 2010. 654 с.
6. Курды в Саратовской области. URL: <http://www.kurdishcenter.ru/content/view/1436/9/> (дата обращения: 18.08.2011).
7. Новости, Рыбушки. URL: <http://dumso.ru/news/v-gostyax-u-rybushkinskix-musulman.html>
8. Мигранты Саратовской области : Депортировать нельзя, оставить. Мария Яновская (Фергана.Ру). URL: <http://www.fergananews.com/article.php?id=5996> (дата обращения: 18.08.2011).



УДК 332.1 (430)

## ВЛИЯНИЕ ИНТЕГРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИАЛЬНУЮ СТРУКТУРУ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НОВЫХ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ЗЕМЕЛЬ ГЕРМАНИИ



А. Ю. Банников

Саратовский государственный университет,  
кафедра экономической географии  
E-mail: aleksey-bannikov@yandex.ru

В статье рассматриваются интеграционные процессы, вызванные объединением Германии и продолжающиеся по сей день. Установлено, что реструктуризация и приватизация способствовали восстановлению и дальнейшему росту химической промышленности новых федеральных земель. Показана сопряженность интеграционных процессов с изменением территориальной структуры химической промышленности Восточной Германии и созданием сетевых структур взаимодействия (кластеров).

**Ключевые слова:** интеграция, территориальная структура производства, кластер, химическая промышленность, Восточная Германия.

### The Influence of Integration Processes at the Territorial Structure of the Chemical Industry of the New Federal States of Germany

A. Yu. Bannikov

The article represents the integration processes, that caused by the unification of Germany and that continues to present days. It is established that the restructuring and privatization have contributed to the restoration and further growth of the chemical industry in new federal lands. Also the contingency of the integration process with a change in the territorial structure of the chemical industry in East Germany and their influence to the creation of the networks (clusters) is indicated in the article.

**Keywords:** integration, territorial structure of production, cluster, chemical industry, East Germany.

Понятие «территориальная структура» – одно из основных в современной социально-экономической географии. Теоретические представления о территориальной структуре хозяйства страны (региона) детально разрабатывались в трудах И. М. Маергойза, Ю. Н. Гладкого, А. Н. Чистобаева, А. Г. Гранберга, А. И. Трейвиша и других исследователей. Территориальная структура, по определению И. М. Маергойза, представляет собой совокупность определенным образом размещенных и сочлененных территориальных элементов хозяйства – промышленных узлов, территориально-производственных комплексов, экономических районов, находящихся в сложном взаимодействии в процессе (и в результате) развития и функционирования народно-хозяйственной системы [1].

В пределах интегрируемой в хозяйственном отношении территории возникают новые эле-

менты и ресурсы в самом широком смысле этого слова (включая инновационный потенциал). Происходящее переплетение территориально-хозяйственных структур интегрирующихся (в первую очередь соседних) регионов и создает часть этих новых ресурсов. В частности, становится возможным реализовать и незначительные выгоды международного разделения труда, которое в этих условиях может быть особенно гибким и многосторонним. В связи с этим происходит адаптация территориальных структур регионов, охваченных интеграцией.

Хозяйство, понимаемое как социально-экономическая система (СЭС), выходит на новый уровень организованности, создавая инновации, в частности, благодаря интеграционному эффекту. Облегчение контакта между хозяйственными комплексами регионов, расширение возможностей их взаимного влияния стимулируют (при прочих равных условиях) не только большее разнообразие и глубину интеграционного процесса, но и сопряжение его структурно-экономических и пространственных особенностей.

Любое нововведение, воспринятое системой, становится инновацией для данной системы, но только на некоторое время как этап прохождения инновационного цикла: новация → инновация → традиция и консервативный фактор. Инновации распространяются по закону диффузии нововведения по Т. Хагерстранду, изменяя («осваивая») окружающее социально-экономическое пространство (СЭП), но для их дальнейшего развития (внедрения) пространство должно обладать определенным инновационным потенциалом или емкостью [2].

Это приводит к тому, что современное хозяйство представляет собой совокупность сетей – групп предприятий, организаций, фирм, объединенных формальными и неформальными связями. Данные субъекты взаимодействуют друг с другом, образуя сеть долгосрочных взаимоотношений и взаимозависимостей.

В связи с этим важнейшим фактором достижения и удержания превосходства над конкурентами, наряду с инновациями и образованием, становятся взаимосвязи между предприятиями, что обеспечивает условия по созданию сетевых структур – кластеров, которые являются формой сетевого (межфирменного) взаимодействия. Кластерная концепция восходит к трудам Альфреда





Маршалла и его «индустриальным районам». В целом кластерная теория развивалась в русле экономической географии, в которой заняла центральное место в конце XX – начале XXI века.

Кластерный подход на сегодняшний день является инструментом для стимулирования регионального развития, улучшения торгового баланса региона, увеличения занятости, роста заработной платы и отчислений в бюджеты различных уровней, повышения устойчивости и конкурентоспособности региональной промышленности.

Для того чтобы быть кластером, группа географически соседствующих взаимосвязанных компаний и связанных с ними организаций должна действовать в определенной сфере, характеризоваться общностью деятельности и взаимодополнять друг друга.

В целом различается 3 широких определения кластеров, каждое из которых подчеркивает основную черту их функционирования:

- регионально ограниченные формы экономической активности внутри родственных секторов, обычно привязанные к тем или иным научным учреждениям (НИИ, университетам и т. д.);

- вертикальные производственные цепочки, узко определенные секторы, в которых смежные этапы производственного процесса образуют ядро кластера (например, цепочка «поставщик – производитель – сбытовик – клиент»). В эту же категорию попадают сети, формирующиеся вокруг головных фирм;

- отрасли промышленности, определенные на высоком уровне агрегации (например, «химический кластер»), или совокупность секторов на еще более высоком уровне агрегации (например, «агропромышленный кластер») [3].

С позиции системного подхода кластер – это совокупность субъектов хозяйственной деятельности взаимосвязанных различных отраслей, объединенных в единую организационную структуру, элементы которой находятся во взаимосвязи и взаимозависимости, совместно функционируют с определенной целью. Формирование эффективных технологических цепочек из нескольких самостоятельных хозяйствующих субъектов является стратегическим мероприятием, требующим определенных долгосрочных вложений в их реализацию, и возможно только посредством их самоорганизации в результате взаимодействия предпосылок, сложившихся как внутри, так и во внешней среде этих потенциальных систем. Такое взаимодействие должно приводить к дополнительным выгодам для каждого из субъектов, создавать определенный стимул к формированию единой системы функционирования, обеспечению целостной системы.

Следует отметить, что кластеры создают условия для вовлечения инвестиций, так как необходимые для их образования инициатива, инновации, интеграция, информация, интерес

являются необходимыми составляющими для привлечения инвесторов.

За два десятилетия, прошедшие с момента объединения Германии, химическая промышленность на территории бывшей ГДР претерпела кардинальные изменения.

Весной 1990 г. новое правительство Восточной Германии решило провести реорганизацию государственных производственных предприятий, в основном комбинатов, и превратить их в акционерные общества. Чуть позже правительством была создана Treuhandanstalt (ТНА) – государственная трастовая компания, которой было поручено управлять процессом приватизации в Восточной Германии. ТНА поставила перед собой цель сохранить, как минимум, основные компоненты химической промышленности Восточной Германии, в основном, из-за её стратегического значения для стремительно разваливающегося рынка труда [4]. Химическая промышленность играла стратегическую роль в экономике Восточной Германии. В 1988 г. на долю ее приходилось более 19% промышленного производства. Однако в процессе преобразований данная отрасль оказалась самым трудным объектом реформирования. Только после 1997 г. – после успешной реструктуризации и модернизации «химического треугольника» – химическая промышленность Восточной Германии проявила признаки оживления и здорового развития. Сегодня можно утверждать, что химическая промышленность Восточной Германии – это современный и конкурентоспособный игрок на мировых рынках.

В ходе процесса приватизации удалось сохранить лишь несколько из ведущих производственных потоков «химического треугольника» (например, производство хлора в Биттерфельде). В Лойне в качестве ключевого элемента новой стратегии развития был выделен нефтеперерабатывающий завод. Решение инвестировать в Лойну привлекло в регион многие химические и энергетические компании, что способствовало созданию нового эффективного промышленного штандорта. В Шкопау была осуществлена приватизация бывших государственных предприятий по производству пластмасс, и они успешно наладили связи с региональными поставщиками. Таким образом, на сегодняшний день большие химические компании, такие как Dow, BASF, а также Infraclean, Linde, Domo, Wacker, Lanxess, Bayer, Solvay и Radici, имеют свои предприятия в химических штандортах региона.

Но в результате разукрупнения и приватизации химические предприятия практически полностью потеряли свои производственные связи, что, несмотря на солидные финансовые вливания, тормозило их развитие. В связи с этим стала активно внедряться концепция сосредоточения (т. е. интегрированное развитие всего «химического треугольника»), выразившаяся в создании химических парков с их последующем объединением



в кластерную инициативу CeChemNet (Центральный немецкий химический треугольник).

На сегодняшний день указанная выше кластерная инициатива (кластер) охватывает 7 химических штандортов, в которых расположено около 800 предприятий, производящих различные химические продукты и резинотехнические изделия и пластмассы. Все штандорты связаны сетью продуктопроводов (рис. 1). Они позиционируют себя как «Штандорты знания», имеющие инновационные связи для внедрения передовых технологий и разработок в непосредственное производство. Тесное взаимодействие между производственными площадками в треугольнике обусловлено тем, что для данной отрасли характерны смешанные групповые структуры и полные производственные циклы, связанные с транспортировкой и хранением химической продукции и

необходимостью переработки многочисленных побочных продуктов.

В результате процесса реструктуризации и внедрения инноваций химическая промышленность Восточной Германии стала одним из составных элементов «поток знания», прежде всего, за счет интенсификации связей с другими регионам через инвесторов и транснациональные компании из Западной Германии и других развитых стран. Это способствовало включению рассматриваемой отрасли промышленности в глобальные цепи создания добавленной стоимости.

Положительного результата при создании цепи добавленной стоимости можно достичь, когда понимаются потребности клиентов, т. е. учитывается спрос на продукцию, и уделяется внимание инновациям, которые улучшают продукцию, делают ее конкурентоспособной и мини-

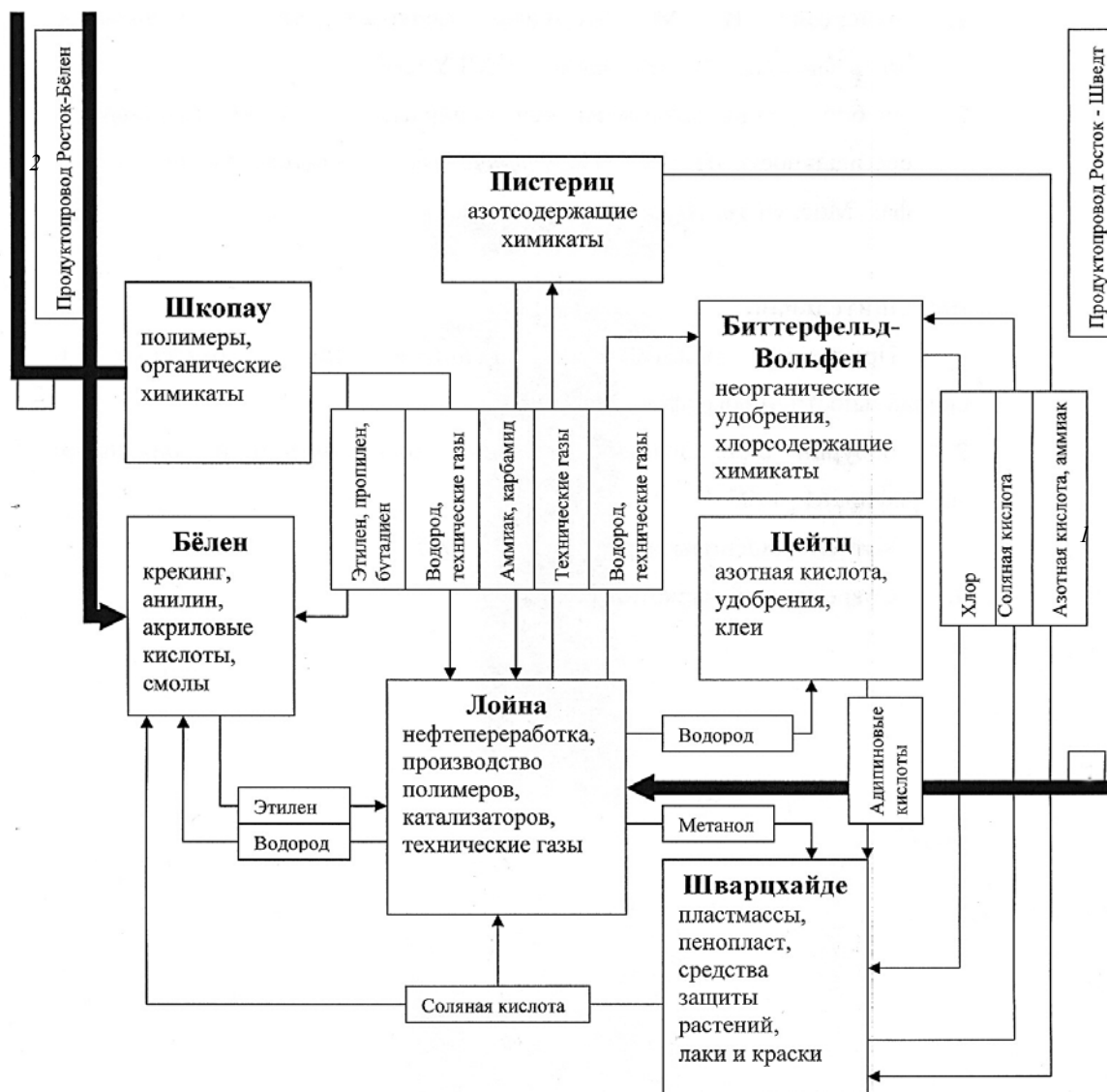


Рис. 1. Производственные связи в кластере химической промышленности Восточной Германии: 1 – нефтепровод «Дружба»; 2 – этиленопровод «Средняя Германия \_ Штаде»



мизируют затраты на производство. Всемирный экономический кризис показал, что противостоять проблемам и сохранять темпы устойчивого экономического развития способны предприятия, которые имеют крепкие инновационные связи с научно-исследовательскими и образовательными учреждениями и отраслями-смежниками в рамках кластерных образований. Так, например, предприятия, входящие в объединение CeChemNet, большая часть которых локализована в земле Саксония-Ангальт, сумели восстановить докризисный уровень производства в достаточно короткий срок. Предприятия в земле Саксония, разобщенные и неимеющие таких крепких связей, на данный момент продолжают находиться в достаточно сложной ситуации (рис. 2–4) [5, 6].

Таким образом, мы видим, что химическая промышленность новых федеральных земель Германии характеризуется высокой концентрацией производства, которая позволяет интенсифици-

ровать научно-технический прогресс, создавать мощное инвестиционное поле, гарантировать долговременные стратегические преимущества в конкурентной борьбе. При проведении приватизации и реструктуризации со стороны государства проводилась целенаправленная политика по поддержанию и развитию промышленного потенциала Восточной Германии, что выразилось в восстановлении химической промышленности в традиционных районах ее размещения. Вследствие этого интеграционные процессы, выступающие одним из лимитирующих факторов развития стран Западной и Центральной Европы, на данной территории проявились в реорганизации существующих центров химического производства, их перепрофилировании и создании сетевых структур (кластеров) по взаимодействию между предприятиями, поставщиками, потребителями и центрами инноваций (научно-исследовательскими учреждениями и университетами).

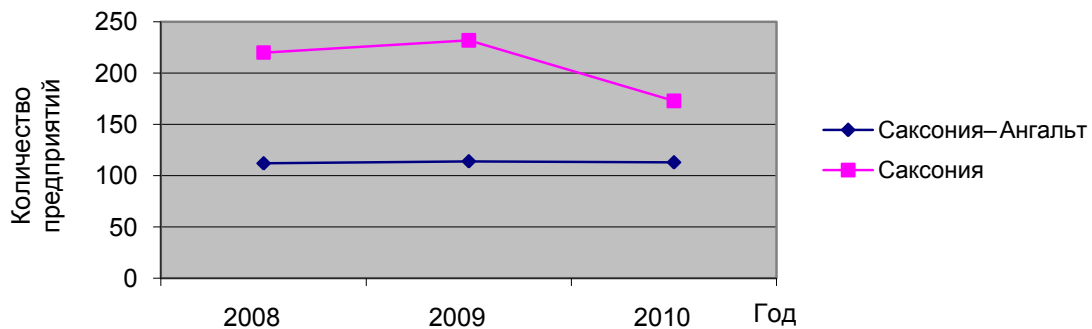


Рис. 2. Число предприятий химической промышленности в землях Саксония и Саксония-Ангальт

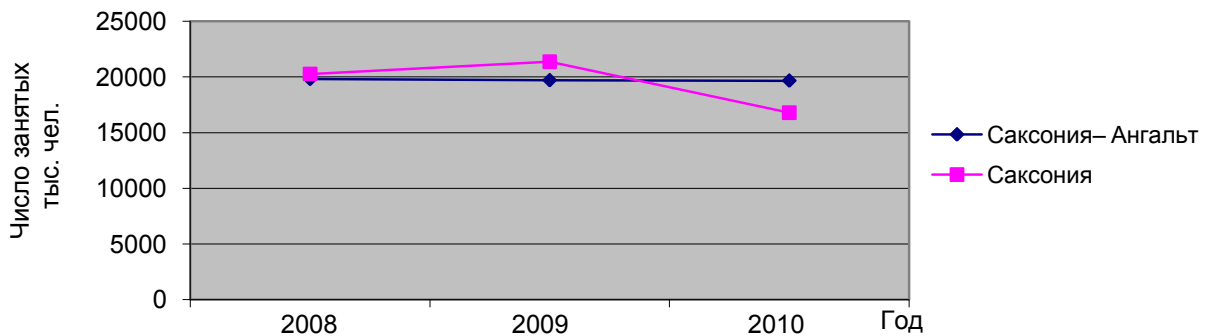


Рис. 3. Число занятых в химической промышленности земель Саксония и Саксония-Ангальт

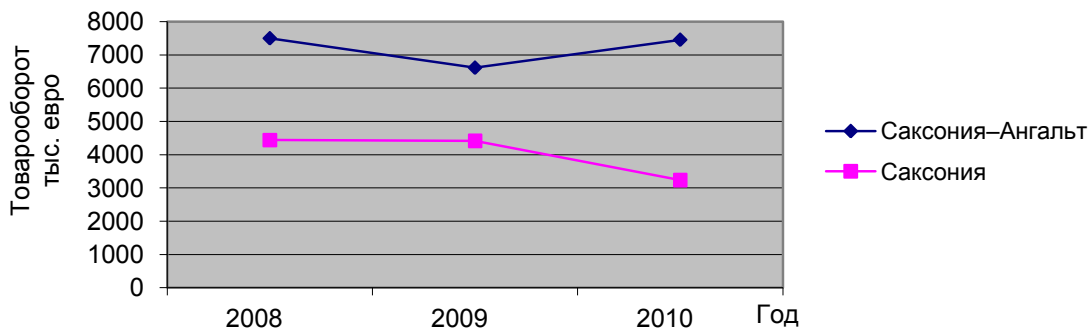


Рис. 4. Объем произведенной продукции химических предприятий земель Саксония и Сасония-Ангальт



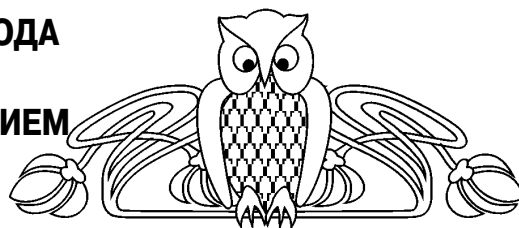
## Библиографический список

1. Маергойз И. М. Территориальная структура хозяйства. Новосибирск, 1986. 304 с.
2. Бабурин В. Л. Эволюция российских пространств: от Большого взрыва до наших дней (инновационно-синергетический подход). М., 2002. 272 с.
3. Цихан Т. В. Кластерная теория экономического развития // Теория и практика управления. 2003. № 5. С. 17–24.

4. Rainer L. Fragmentierte Wirtschaftsstrukturen zwischen Deindustrialisierung, Stagnation und Innovation // Berliner Debatte Initial. 2006. № 5. S. 27–38.
5. Статистическая служба федеральной земли Саксония. URL: <http://www.statistik.sachsen.de/html/499.htm>. Zeitschrift\_2011\_1.pdf (дата обращения: 19.05.2011).
6. Статистическая служба федеральной земли Саксония-Ангальт. URL: [http://www.sachsen-anhalt.de/index.php?id=6156.Gesamtbericht\\_2010.pdf](http://www.sachsen-anhalt.de/index.php?id=6156.Gesamtbericht_2010.pdf) (дата обращения: 18.05.2011).

УДК 55:004:622.992.2–032.32:504()

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РИСКА ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ ПРИ АВАРИИ НА УЧАСТКЕ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА (НА ПРИМЕРЕ ПЕТРОВСКОГО РАЙОНА САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



А. В. Молочко, П. С. Жучков

Саратовский государственный университет,  
кафедра геоморфологии и геоэкологии  
E-mail: farik26@yandex.ru

В статье рассмотрено моделирование риска чрезвычайной ситуации при аварии на модельном участке магистрального газопровода Петровского района Саратовской области с применением геоинформационных систем. Приведены методики расчета зон детонации и дальности распространения облака взрывоопасной смеси газа при аварийной разгерметизации газопровода с учетом направления и скорости ветра.

**Ключевые слова:** геоинформационные технологии, риск аварии, имитационное моделирование, магистральный газопровод, Саратовская область.

### Imitating Modeling of Emergency Situation Risk During Accident on Model Part of Gas Main (with Petrovskiy District of Saratov Region as an Example) with GIS Technologies Application

A. V. Molochko, P. S. Zhuchkov

The article represents risk modeling of emergency situation during accident of model part of Petrovskiy district (Saratov region) gas main with GIS technologies using. Also methods of detonation zones estimation and cloud of dangerously explosive blend spreading estimation during accident gas main depressurization subject to wind direction and speed are represented.

**Key words:** geoinformation (GIS) technologies, accident risk, imitating modeling, gas main, Saratov region.

Газовая отрасль Российской Федерации представляет собой сложную систему, которая включает геологоразведочные работы, добычу, транспортировку, хранение и переработку газа. Степень влияния этих подотраслей на окружающую среду различна,

так же как и различен обратный отклик. Характер, силу, степень и последствия подобного взаимного воздействия целесообразно изучать с помощью инструментов современного риск-анализа [1, 2].

Предприятия газовой отрасли следует рассматривать как источник комплексного и концентрированного воздействия на окружающую среду, прежде всего, через гидро-, лито- и атмосферу.

Самый чувствительный экологический урон приносят аварии на этапе транспортировки природного газа.

Большое развитие трубопроводная транспортировка газа получила в Саратовской области. В настоящее время на территории области пролегают такие крупные магистральные газопроводы, как: «Саратов–Москва», «Средняя Азия–Центр», «Уренгой–Новопсков», «Саратов–Горький», «Союз», «Мокроус–Тольятти», «Челябинск–Петровск». Газопроводы, проходящие по территории Саратовской области, имеют высокий уровень изношенности. В связи с этим имеют место аварии на транспортных магистралях, которые наносят немалый ущерб окружающей среде.

Одним из важнейших газотранспортных узлов Саратовской области является Петровский район.

### Общая характеристика Петровского района

Петровский муниципальный район занимает территорию площадью 2,3 тыс. км<sup>2</sup> в северной части Саратовского Правобережья и граничит с Пензенской областью на севере и 4 районами Саратовской области: Екатериновским на западе, Аткарским и Татищевским на юге, Новобураским на востоке. Районный центр – г. Петровск [3].



Район находится в узле инфраструктурных коммуникаций (прежде всего, газотранспортных), в месте пересечения их ландшафтной осью – долиной р. Медведица. Автомобильная дорога

федерального значения Нижний Новгород–Саратов пересекается здесь железной дорогой местного значения – Калининск–Аткарск–Сенная (рис. 1).



Рис. 1. Обзорная карта Петровского района



В геоморфологическом отношении территория Петровского района расположена на западных отрогах Приволжской возвышенности и приурочена к денудационной, пологоволнистой равнине, с различной степенью всхолмленности. Общий уклон поверхности равнины наблюдается в сторону р. Медведицы. Преобладающие высоты на территории района составляют 200–250 м, с перепадами высот от 120 м на юго-востоке до 320 м на юге у с. Озерки на Волго-Медведицком водоразделе. По густоте эрозионного расчленения рельеф относится к слабо- и среднерасчленённому, местами расчленённость территории сильная. Густота долинно-балочного расчленения территории в среднем составляет 0,6–1,5 км/км<sup>2</sup> [4].

Климат Петровского муниципального района, учитывая его расположение на территории Саратовской области, континентальный с холодной зимой и жарким летом. Территория района характеризуется значительными сезонными и суточными колебаниями температур воздуха [5].

В течение года в районе преобладают ветры западного, юго-западного, восточного и юго-восточного направлений.

Зимой преобладают восточные, юго-западные и юго-восточные, а летом северо-западные и северо-восточные ветры. Средняя скорость ветра варьирует от 4,2 до 4,6 м/с.

В почвенном покрове района доминируют чернозёмы выщелоченные и обыкновенные, в долине р. Медведица встречаются аллювиально-дерновые, а в северной части тёмно-серые и серые лесные почвы. Отдельными пятнами на территории района встречаются комплексы чернозёмных почв с солонцами 10–25% и 25–50%. Образование солонцов связано с засоленностью почвообразующих пород [6].

### Газовая инфраструктура Петровского района

Источником газоснабжения Петровского муниципального района является природный газ, который подается в район по магистральным газопроводам: «Саратов–Горький» (протяженность (по району) 49,6 км), «Средняя Азия–Центр» (САЦ) (протяженность 52,2 км), «Челябинск–Петровск» (протяженность 33,4 км), «Петровск–Новопсков» (протяженность 32,2 км). В северо-восточной части Петровского района в одном коридоре с магистральным газопроводом «Челябинск–Петровск» проходят магистральные газопроводы: «Уренгой–Петровск» (протяженность 33,4 км) и «Уренгой–Новопсков» (протяженность 65,6 км). В западной части Петровского района магистральный газопровод «Уренгой–Новопсков» идет в одном коридоре с магистральным газопроводом «Петровск–Новопсков». В одном коридоре магистрального газопровода «Средняя Азия–Центр» проходят 3 нитки: САЦ 1, САЦ 2, САЦ 3. В одном коридоре с магистральным газопроводом «Средняя Азия–Центр» проходит магистральный

газопровод «Петровск–Елецк» (протяженность 29,7 км). В одном коридоре с магистральным газопроводом «Горький–Саратов» проходят две нитки магистрального газопровода «Сторожовка–Петровск» (протяженность 34,4 км) [3].

Общая протяженность газопроводов высокого давления на территории Петровского муниципального района составляет 309,94 км [4].

Находясь в постоянном взаимодействии с природой, человек все острее ощущает необходимость налаживания взаимосвязи с окружающей средой.

Как правило, взаимовлияние трубопроводных комплексов и природной среды носит негативный характер. Отсюда и основная задача, с одной стороны, свести к минимуму техногенные воздействия в период строительства и эксплуатации трубопроводов, с другой – ослабить отрицательное влияние природных компонентов на их надежность и безопасность. Выполнению обозначенной задачи способствует использование методов геоэкологического риск-анализа [1, 2, 7].

Общую схему геоэкологического риск-анализа объектов транспортировки газа можно представить в следующем виде [1]:

1. Идентификация риска.
2. Выявление источников риска.
3. Определение факторов геоэкологического риска.
4. Определение реципиентов риска.
5. Выбор методов оценки риска.
6. Управление риском:
  - построение на основе выбранной методики прогнозов относительно дальнейшего развития процессов, создание сценариев;
  - разработка рекомендаций по снижению риска и предотвращению последствий рискованных ситуаций, мониторинговых мер по слежению за опасными с точки зрения возникновения риска объектами и явлениями.

Основные факторы геоэкологического риска аварий на трубопроводах можно разделить на две группы – техногенные и природные. К техногенным можно отнести дефекты труб, ошибки при монтаже линии, нарушения профиля и плана траншеи газопровода, повреждения при земляных работах и т. п. Исключение подобных причин достигается путем соблюдения технологической дисциплины и проведения соответствующих контрольных мероприятий.

К природным причинам относятся коррозия различных видов и механическое воздействие грунтов (геоморфологические факторы риска, почвенные факторы риска) [8]. Интенсивность данных процессов определяется в основном региональными особенностями территории. Важнейшие из них – температура и влажность грунта – так или иначе зависят от морфометрических и морфологических характеристик рельефа: крутизны и экспозиции склонов, степени выраженности бровок и тыловых швов, глубины расчленения рельефа [9].



На долю магистральных газопроводов приходится подавляющее число крупных аварий и отказов во всей газовой промышленности. Трассы магистральных газопроводов часто проходят по густонаселенным районам с развитой промышленной, транспортной и сельскохозяйственной инфраструктурами. Линейная часть трубопроводов является потенциально опасным объектом и обладает огромным энергетическим потенциалом, способным оказывать значительное негативное воздействие на окружающую среду. Основной причиной аварий на трубопроводах является коррозия (36% всех отказов) [9]. В связи с этим особое значение приобретает задача по зонированию территории в полосе прохождения трассы и прогнозированию параметров опасных зон для населения и территорий [10].

При выборе методов оценки риска аварий на магистральных газопроводах особое внимание следует уделить картографическим и модельным [1, 2, 7]. В частности, имитационное моделирование с применением геоинформационных технологий (при этом под имитационным моделированием понимается метод, позволяющий строить модели, которые могут описывать соответствующие процессы так, как они могли бы протекать в действительности) позволит не только создавать оперативные прогнозы, но и, что наиболее важно, разрабатывать рекомендации по снижению риска и ликвидации последствий чрезвычайной аварийной ситуации.

В данной статье представлена методика расчета зоны детонации и дальности распространения облака взрывоопасной смеси при аварии на магистральном газопроводе.

В качестве возможных участков максимального проявления геоэкологического риска аварии на магистральном газопроводе и последующего имитационного моделирования зоны детонации и дальности распространения облака взрывоопасной смеси для территории Петровского района были выделены (рис. 2):

1) участок № 1. Пересечение газопроводами «Уренгой–Новопсков» и «Петровск–Новопсков» рр. Сосновка и Казачка. Расстояние до ближайшего населенного пункта дер. Сосновка 1-я составляет 700 м (в северном направлении); расстояние до железной дороги – 600 м (на восток), до автодороги – 400 м (на запад). Высоты рельефа в пределах 180–200 м;

2) участок № 2. Газопровод «Саратов–Горький». Территория находится на расстоянии 200 м от северо-западной окраины г. Петровск. Газопровод пролегает в почве с относительно высоким содержанием солей (в солонцах черноземных с черноземами 25–50%), что может способствовать в совокупности с другими факторами его разрушению. Высота рельефа в пределах 200–240 м. Немаловажный фактор – наличие на этом участке линий электропередач, которые могут послужить

дополнительным катализатором процесса коррозии газопровода;

3) участок № 3. Местоположение – 6,5 км к востоку от г. Петровск. Пересечение газопроводами «Уренгой–Новопсков» и «Челябинск–Петровск» р. Медведица. Расстояние до ближайших населенных пунктов: до дер. Бобровка – 1,3 км, до дер. Антиповка – 2,6 км, до центра муниципального образования – с. Синенькие – 3,7 км.; расстояние до железной дороги – 1,5 км, до автодороги – 1,1 км. Газопровод проходит по аллювиальным почвам. Высоты рельефа в пределах коридора прохождения газопровода – 175–215 м.

Для участка № 3 было проведено имитационное моделирование с использованием возможностей геоинформационных систем, заключающееся в прогнозировании последствий аварии в случае разрыва газопровода «Челябинск–Петровск» ( $P_r = 7,5$  МПа) в месте перегиба рельефа в пойме р. Медведица.

Методика расчета зоны детонации и дальности распространения облака взрывоопасной смеси

Аварии при разгерметизации газопроводов сопровождаются следующими процессами и событиями: истечением газа до срабатывания отсекающей арматуры (импульсом на закрытие арматуры является снижение давления продукта); закрытием отсекающей арматуры; истечением газа из участка трубопровода, отсеченного арматурой.

В местах повреждения происходит истечение газа под высоким давлением в окружающую среду. На месте разрушения в грунте образуется воронка. Метан поднимается в атмосферу (легче воздуха), а другие газы или их смеси оседают в приземном слое. Смешиваясь с воздухом, газы образуют облако взрывоопасной смеси.

Статистика показывает, что примерно 80% аварий сопровождается пожаром.

Взрывное горение при авариях на газопроводе может происходить по одному из двух режимов – дефлаграционному или детонационному.

При оперативном прогнозировании принимают, что процесс развивается в детонационном режиме.

Дальность распространения облака взрывоопасной смеси в направлении ветра определяется по эмпирической формуле [11]

$$L = 25 \sqrt{M/W}, \quad (1)$$

где  $M$  – массовый секундный расход газа, кг/с;

25 – коэффициент пропорциональности, имеющий размерность  $\text{м}^{3/2}/\text{кг}^{1/2}$ ;

$W$  – скорость ветра, м/с.

При этом граница зоны детонации, ограниченная радиусом  $r_0$ , в результате истечения газа за счет нарушения герметичности газопровода, может быть определена по формуле

$$r_0 = 12,5 \sqrt{M/W}, \quad (2)$$

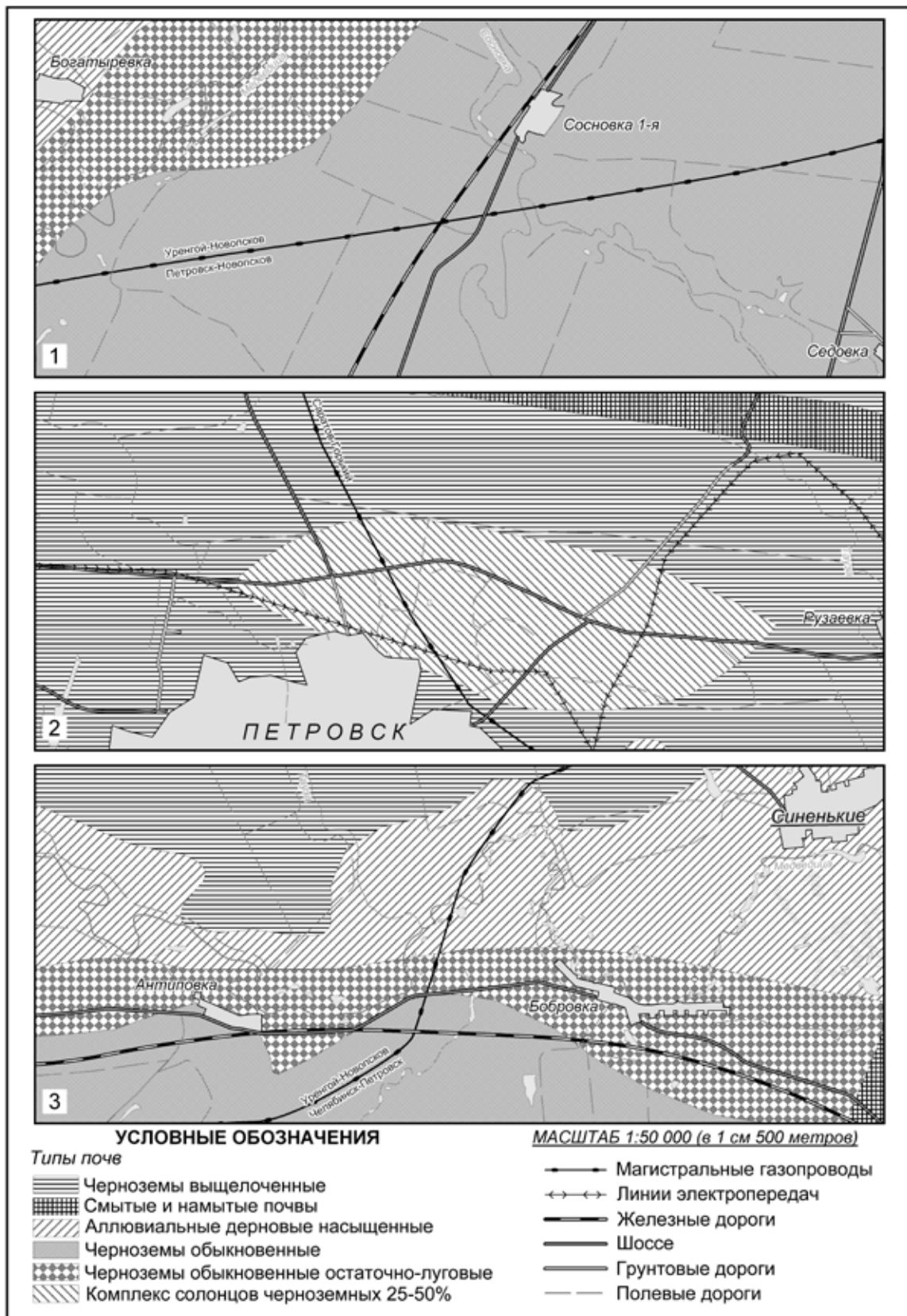


Рис. 2. Модельные участки территории Петровского района





Массовый секундный расход газа  $M$  из газопровода для критического режима истечения, когда основные его параметры (расход и скорость истечения) зависят только от параметров разгерметизированного трубопровода, может быть определен по формуле

$$M = \Psi \cdot F \cdot \mu \sqrt{P_r / V_r}, \quad (3)$$

где  $\Psi$  – коэффициент, учитывающий расход газа от состояния потока (для звуковой скорости истечения  $\Psi = 0,7$ );

$F$  – площадь отверстия истечения, принимаемая равной площади сечения трубопровода, м<sup>2</sup>;

$\mu$  – коэффициент расхода, учитывает форму отверстия ( $\mu = 0,7 \dots 0,9$ ), в расчетах принимается  $\mu = 0,8$ ;

$P_r$  – давление газа в газопроводе, Па;

$V_r$  – удельный объем транспортируемого газа при параметрах в газопроводе (определяется по формуле (4)).

$$V_r = R_0 \frac{T}{P_r}, \quad (4)$$

где  $T$  – температура транспортируемого газа, К;

$R_0$  – удельная газовая постоянная, определяемая по данным долевого состава газа  $q_k$  и молярным массам компонентов смеси из соотношения:

$$R_0 = 8314 \sum_{i=1}^n q_k / m_k, \quad (5)$$

где 8314 – универсальная газовая постоянная, Дж/(кмоль · К);

$m_k$  – молярная масса компонентов, кг/кмоль;

$n$  – число компонентов.

При прогнозировании последствий случившейся аварии на газопроводе зону детонации принимают с учетом направления ветра, считая, что границы зоны детонации распространяются от трубопровода по направлению ветра на расстояние  $2r_0$ . В случае заблаговременного прогнозирования зона детонации определяется в виде полос вдоль всего трубопровода шириной  $2r_0$ , расположенных с каждой из его сторон. Это связано с тем, что облако взрывоопасной смеси может распространяться в любую сторону от трубопровода, в зависимости от направления ветра.

При проведении оперативных расчетов температура транспортируемого газа может быть принята  $t = 40^\circ\text{C}$ . Состав обычного газа при отсутствии данных может быть принят в соотношении: метан ( $\text{CH}_4$ ) – 90%; этан ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) – 4%; пропан ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) – 2%; н-бутан ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ) – 2%; изопентан – ( $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ) – 2% [11].

Если спроецировать пункт «Порядок нанесения зон заражения сильнодействующими ядовитыми веществами на топографические карты и схемы», изложенный в РД 52.04.253-90, на данную методику, то можно полагать, что зона возможного распространения облака взрывоопасной смеси на картах (схемах) ограничена окружностью, полуокружностью или сектором. Центр окружности,

полуокружности или сектора совпадает с местом разрыва газопровода.

1. При скорости ветра по прогнозу меньше 0,5 м/с зона детонации имеет вид окружности. Радиус окружности равен  $r_0$ .

2. При скорости ветра по прогнозу 0,6–1 м/с зона детонации имеет вид полуокружности. Угол участка равен  $180^\circ$ , биссектриса угла совпадает с осью следа облака и ориентирована по направлению ветра.

3. При скорости ветра по прогнозу больше 1 м/с зона детонации имеет вид сектора. Радиус сектора равен  $2r_0$ , биссектриса сектора совпадает с осью следа облака и ориентирована по направлению ветра. При скорости ветра 1,1–2 м/с угол сектора равен  $90^\circ$ , при скорости более 2 м/с угол сектора составляет  $45^\circ$ .

По методике, изложенной выше, были произведены расчеты зоны детонации и дальности распространения облака взрывоопасной смеси для различных скоростей ветра.

Полученные результаты:

– 0,4 м/с:  $L = 4452,5$  м,  $r_0 = 2226,25$  м;

– 0,8 м/с:  $L = 3148,4$  м,  $r_0 = 1574,2$  м;

– 3 м/с:  $L = 1625,8$  м,  $r_0 = 812,9$  м.

Картографическое моделирование полученных результатов производилось в программном продукте MapInfo 8.5. Professional.

С помощью программного обеспечения было произведено наложение облаков взрывоопасной смеси, радиус которых был рассчитан, на модельный участок № 3 (рис. 3).

При изображении зоны детонации для скорости 0,4 м/с была проведена окружность с радиусом  $r_0$ , для скорости 3 м/с – сектор (угол  $45^\circ$ , радиус  $2r_0$ ), для скорости 0,8 м/с – полуокружность (радиус имеет размерность усредненного значения в пределах  $r_0$  и  $2r_0$  в силу действия ветра, имеющего наибольшую скорость).

Проанализировав полученные результаты, можно сделать вывод о том, что при данном направлении ветра во время аварии на газопроводе в зону распространения облака взрывоопасной смеси попадет большая часть населенного пункта (дер. Бобровка), в котором проживает 118 жителей (по состоянию на 01.01.2008 г.), а также транспортные магистрали (автодорога Петровск–Бурасы, железная дорога Калининск–Аткарск–Сенная).

Случай заблаговременного прогнозирования, в котором не учитывается направление ветра, рассчитанный по предложенной методике, можно представить в виде рис. 4.

Зона детонации определяется в виде буферной зоны вдоль всего газопровода шириной  $2r_0$  по каждую из сторон. В прогнозируемую зону детонации, помимо большей части дер. Бобровка (Пригородное МО), полностью попадает с. Синенькие (центр Синеньского МО), в котором проживает 524 человека (01.01.2008 г.), а также дер. Антиповка (Пригородное МО) с населением

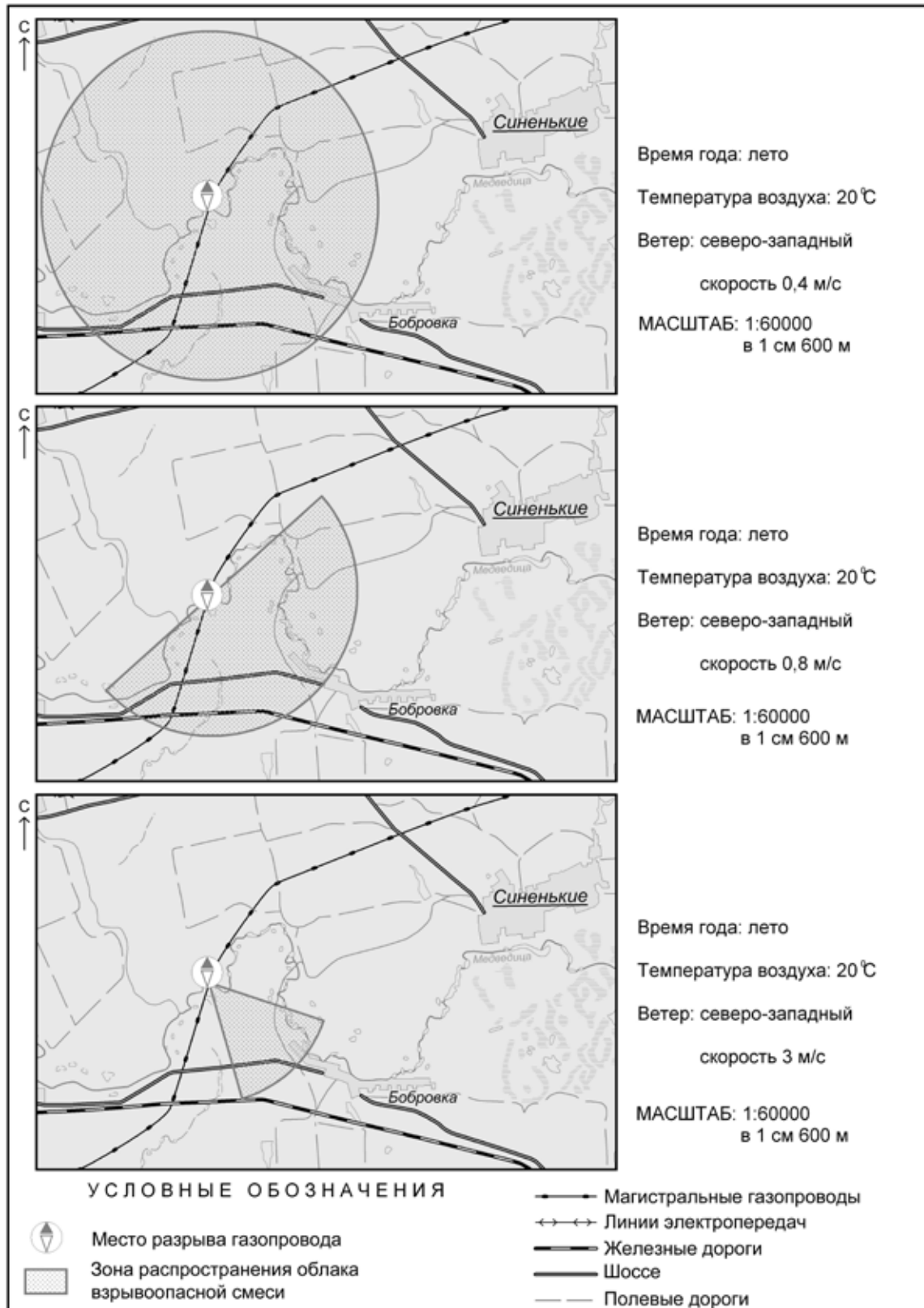


Рис. 3. Дальность распространения облака взрывоопасной смеси при разгерметизации магистрального газопровода (модельный участок № 3)



Рис. 4. Моделирование зоны детонации при возможной разгерметизации газопровода

27 человек (01.01.2008 г.). Кроме населенных пунктов в зону возможного распространения облака взрывоопасной смеси попадают две автодороги (Саратов–Кузнецк и Петровск–Бурасы) и железная дорога Калининск–Аткарск–Сенная.

Применение методов современного риск-анализа геоэкологических рисков, в частности картографического и модельного метода оценки зоны детонации и дальности распространения облака взрывоопасной смеси при аварии на магистральном газопроводе с применением геоинформационных технологий, не только способствует созданию прогнозов, но и помогает разработать рекомендации по снижению риска и существенному снижению и даже предотвращению последствий рисков ситуации. Все это призвано снизить размер ущерба природе, инфраструктуре, а также избежать человеческих потерь.

#### Библиографический список

1. Молочко А. В. Геоинформационное картографирование геоэкологических рисков эксплуатации нефтяных месторождений (на примере Саратовской области) // Изв. Саратов. ун-та. Новая серия. 2010. Сер. Науки о Земле, вып. 1, Т. 10. С. 35–40.
2. Molochko A. V., Khvorostukhin D. P. Methods of geoecological risks' geoinformational mapping of oilfield exploitation (Saratov region as an example): using aspects // Представляем научные достижения миру. Естественные науки : материалы науч. конф. молодых ученых «Presenting Academic Achievement to the World» (Саратов, 29–30 марта 2010 г.). – Саратов, 2010. С. 82–89.

3. Схема территориального планирования Петровского муниципального района Саратовской области : в 3 т. Т. 2. Проектные предложения по территориальному развитию района. 2009. 198 с.
4. Наумов А. Д., Ковальский Ф. И. Геоморфологическая карта Среднего и Нижнего Поволжья. Саратов, 1982.
5. Эколого-ресурсный атлас Саратовской области. Саратов, 1996.
6. Почвенная карта Саратовской области. Киев, 1989.
7. Молочко А. В. Методика проведения геоэкологического риск-анализа нефтедобывающей отрасли с использованием // Экология: синтез естественнонаучного, технического и гуманитарного знания : материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Саратов 19–22 октября 2010 г.). Саратов, 2010. С. 399–402.
8. Бородавкин П. П. Механика грунтов в трубопроводном строительстве. М., 1986. 62 с.
9. Учебное пособие для студентов инженерно-строительных специальностей всех форм обучения / сост.: С. И. Одинцов; Кубан. гос. технол. ун-т. Краснодар, 2006. 405 с.
10. «ООО НПП Титан-Оптима» [Электронный ресурс]. URL: [http://www.titan-optima.ru/index.php?option=com\\_content&task=view&id=46&Itemid=44](http://www.titan-optima.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=46&Itemid=44) (дата обращения: 20.03.2011).
11. Обеспечение мероприятий и действий сил ликвидации чрезвычайных ситуаций : учебник : в 3 ч. Ч. 2. Инженерное обеспечение мероприятий и действий сил ликвидации чрезвычайных ситуаций : в 3 кн. Кн. 2. Оперативное прогнозирование инженерной обстановки в чрезвычайных ситуациях / под общ. ред. С. К. Шойгу. М., 1998. 166 с.



УДК

## ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ЗАКОНОВ ИЗМЕНЕНИЯ СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ ВЕТРА С ВЫСОТОЙ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ НА ЮГО-ВОСТОКЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ

А. Б. Рыхлов

Саратовский государственный университет,  
кафедра метеорологии и климатологии  
E-mail: kafmeteo@sgu.ru

Установлена связь и получены математические выражения, позволяющие оценить параметры степенной и логарифмической функций высоты по значению средней скорости ветра на уровне 10 м на юго-востоке европейской части России.

**Ключевые слова:** параметр шероховатости, точность, закон, ветер, средняя месячная скорость, изменение с высотой, аппроксимация.

**Estimation of Parameters of Laws of Change of Average Speed of the Wind with height in the Ground Layer of Atmosphere on South-East European Part of Russia for the Decision of Problems About Wind Power**

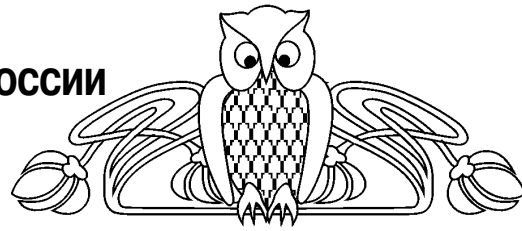
A. B. Rykhlov

Connection is established and the mathematical expressions are received, allowing to estimate parameters of sedate and logarithmic functions of height on value of average speed of a wind at level of 10 m on SOUTH-EAST EUROPEAN PART OF RUSSIA.

**Key words:** roughness parameter, accuracy, the law, a wind, average monthly speed, change with height, approximation.

Для решения ряда научных и прикладных задач в климатологии необходимо определение средней скорости ветра на заданной высоте приземного слоя атмосферы. Одной из таких задач является оценка ветроэнергетического потенциала на оси ветроколеса ветроэнергетической установки (ВЭУ). Здесь уместно отметить, что по мере решения технических проблем создания новых ВЭУ возник интерес к ресурсам энергии ветра до высот несколько сотен метров. Так, в Германии вблизи городка Морбах с населением 11 тыс. человек завершается создание крупнейшей в мире ВЭУ типа FL-2005, диаметр ветроколеса которой около 100 м, а ось располагается на высоте 160 м [1].

Оценка средних скоростей ветра на произвольных высотах в местах возможного размещения ВЭУ, где метеорологических наблюдений как правило не имеется, задача нетривиальная. В одном из вариантов ее решения предусматривается интерполяция на базе данных справочников по климату средних скоростей ветра на уровне ветроизмерительного прибора в требуемый



пункт. В последующем производится уточнение их значений на требуемой высоте. Для этого, как было показано нами [2], с одинаковым успехом может быть использована либо степенная, либо логарифмическая формула

$$\frac{\bar{v}_z}{\bar{v}_h} = \left(\frac{z}{h}\right)^m \quad \text{и} \quad (1)$$

$$\bar{v}_z = \bar{v}_h \frac{\ln z - \ln z_0}{\ln h - \ln z_0}, \quad (2)$$

где  $\bar{v}_z$  и  $\bar{v}_h$  – средние скорости ветра на произвольной высоте  $z$  и флюгера  $h$ , м;  $z_0$  – параметр шероховатости;  $m$  – безразмерный параметр. Эти параметры в общем случае зависят от турбулентности, стратификации атмосферы и местных физико-географических условий.

В последние десятилетия общего мнения в отношении параметров  $m$  и  $z_0$  не сложилось. Трудность состоит в том, что значения этих параметров заранее неизвестны и им присуща большая изменчивость по территории. Погрешности определения их значений приводят к искажению средних скоростей ветра на высотах, а следовательно, и действительного ветроэнергетического потенциала.

Вместе с тем многими учеными отмечалась зависимость рассматриваемых параметров  $z_0$  и  $m$  от средней скорости ветра вблизи земной поверхности (на уровне флюгера) [1, 3, 4]. Учитывая это, нами решалась задача изучения характера данной связи с целью установления научной основы определения параметров  $z_0$  и  $m$  по средней скорости ветра на уровне флюгера. Это тем более важно, поскольку позволяет получить математические модели изменения скорости ветра с высотой и обеспечить получение надежных величин ветроэнергетического потенциала на требуемой высоте.

Для решения этой задачи нами произведен массовый расчет параметров  $z_0$  и  $m$  в отдельных пунктах рассматриваемой территории по вертикальному профилю ветра. В качестве исходных данных были использованы материалы «Нового аэроклиматического справочника пограничного слоя атмосферы над СССР» [5], где приведены статистические параметры ветра на различных уровнях за период 1970–1980 гг.



Далее, используя рассчитанные нами значения  $z_0$  и  $m$ , нами осуществлен выбор вида связи и произведена оценка тесноты связи между ними и средней скоростью ветра на высоте флюгера  $v_0$ . Сопоставление значений, рассчитанных  $z_0$  со средней скоростью ветра на уровне флюгера позволило установить, что между ними действительно имеется достаточно тесная связь, коэффициент надежности аппроксимации составляет около 0,94 (рис. 1, 2). Такая тесная связь позволяет произвести надежную оценку параметров функций высоты по средним месячным и годовым скоростям ветра на сети метеорологических станций в регионе.

Как видно на рис. 1, 2, связь между параметрами  $z_0$ ,  $m$  и  $v_0$  явно нелинейная. Учитывая, что характер связи между ними заранее неизвестен, для ее математического представления нами были испытаны наиболее часто употребляемые элементарные функции: степенная, экспоненциальная, линейная, логарифмическая и полиномиальная.

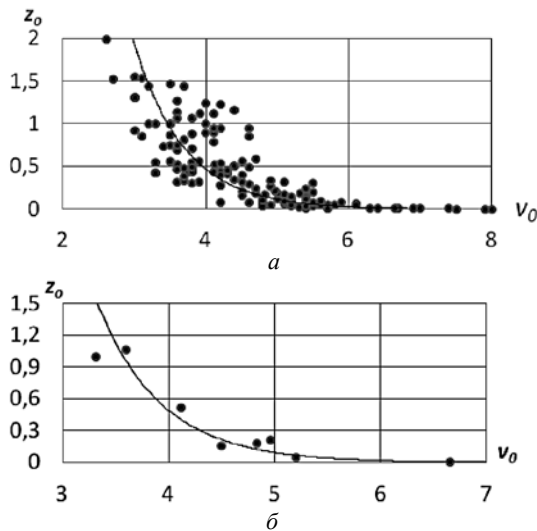


Рис. 1. Связь параметра шероховатости  $z_0$ ,  $m$ , со средней скоростью ветра на уровне (флюгера)  $v_0$ :  $a$  – средние месячные значения;  $b$  – средние годовые значения

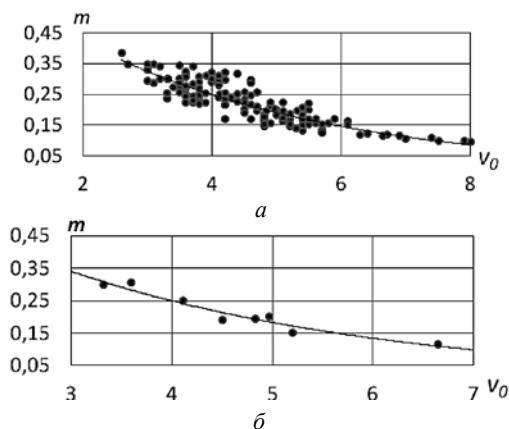


Рис. 2. Связь параметра  $m$  со средней скоростью ветра на уровне (флюгера)  $v_0$ :  $a$  – средние месячные значения;  $b$  – средние годовые значения

В результате испытаний в настоящей работе показано, что по величине достоверности аппроксимации  $R^2$  наиболее приемлемыми оказываются экспоненциальная и степенная функции (табл. 1). Исследователи ветроэнергетического потенциала Кольского полуострова без обоснования отдали предпочтение степенной функции [6]. Величина достоверности аппроксимации  $R^2$  показывает, что наиболее предпочтительной оказывается все же экспонента, особенно для средних годовых значений скорости ветра.

Таблица 1

Коэффициент надежности аппроксимации  $R^2$  для различных функций

Функция	Средние годовые значения		Средние месячные значения	
	$m$	$z_0$	$m$	$z_0$
Степенная	0,94	0,93	0,87	0,84
Экспонента	0,95	0,95	0,87	0,88
Линейная	0,90	0,62	0,80	0,61
Логарифмическая	0,93	0,72	0,85	0,70
Параболическая	0,94	0,94	0,86	0,80

Уравнения связи между параметрами  $z_0$ ,  $m$  и  $v$  для экспоненты, рассчитанными нами методом наименьших квадратов, имеют следующий вид: по средним годовым значениям:

$$z_0 = 381,6 \cdot e^{-1,66v_0}, \quad (3)$$

$$m = 0,864 \cdot e^{-0,31v_0}, \quad (4)$$

по всей совокупности средних месячных значений:

$$z_0 = 118,2 \cdot e^{-1,41v_0}, \quad (5)$$

$$m = 0,744 \cdot e^{-0,27v_0}, \quad (6)$$

где  $v_0$  – средняя месячная скорость ветра на высоте флюгера.

Используя уравнения (3) и (4) нами получены расчетные средние годовые значения параметров  $z_0$  и  $m$  для рассматриваемых станций и выполнено сравнение их со значениями, полученными из непосредственных наблюдений. Оказалось, что в подавляющем числе случаев относительные погрешности не превышают 3% относительно наблюдаемой величины и лишь на отдельных станциях они повышаются до 5–6%. Из этого следует, что полученные формулы можно достаточно надежно использовать для расчета параметров как логарифмической, так и степенной функций изменения средней скорости ветра с высотой на юго-востоке европейской части России.

Аналогичные расчеты произведены и для средних месячных значений параметров  $z_0$  и  $m$  функций высоты по формулам (5) и (6). Результаты их анализа показали, что и в этом случае относительные погрешности наиболее часто не превышают 6%. Однако иногда, преимущественно в теплый период года, они по отношению к на-



блюденным повышаются до 15–25%, особенно для параметра  $z_0$ .

Кроме того, нами рассчитаны месячные значения параметров  $z_0$  и  $m$  по формулам для годовых значений (формулы (3) и (4)). Результаты анализа позволили установить, что расхождения средних месячных значений параметра  $m$  по формулам (4) и (6) составляют не более 0,01, что соответствует точности округления. Из этого следует, что формула (4) имеет универсальное значение: она может с успехом использоваться для расчета как месячных значений параметра  $m$ , так и годовых. Ввиду большего диапазона изменчивости различия между соответственно месячными значениями  $z_0$ , рассчитанными по формулам (3) и (5), несколько возрастают. Это еще раз свидетельствует о предпочтительности использования степенной функции изменения средней скорости ветра с высотой.

В результате нами установлено, что в большинстве случаев использование формул (3)–(6) для расчета значений  $z_0$  и  $m$  приемлемо и для оценки месячных параметров функции высоты. В рассма-

триваемом диапазоне средних месячных скоростей ветра эти формулы дают практически одинаковые оценки. Вместе с тем для скоростей ветра менее 3,5 м/с расхождения увеличиваются. Учитывая, что на рассматриваемой территории снижение скоростного ветрового режима происходит преимущественно в летний период, то и увеличенные погрешности характерны для этого времени года.

В качестве следующего этапа исследования, нами решена задача по исследованию погрешностей восстановления средних месячных и годовых скоростей ветра на высоте 100 м с использованием расчетных параметров изменения с высотой, оцененных с использованием формул (3–6). Результаты расчетов представлены в табл. 2. Как оказалось, в большинстве случаев применение полученных формул позволяет получить значения средних скоростей ветра на высоте 100 м близкие к наблюдаемым. При анализе табл. 2 необходимо иметь в виду, что статистические ошибки наблюдаемых скоростей ветра составляют 0,4–0,6 м/с, или 5–10% соответствующих значений, поэтому ошибки менее 10% следует считать приемлемыми.

Таблица 2

Относительные погрешности, %, расчета средних скоростей ветра на уровне 100 м

Станция	Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Волгоград	$z_0$	0	0	-1	0	-3	-6	-7	-6	-3	0	-2	1	0
		-1	-1	-3	-1	-4	-7	-8	-7	-4	-2	-3	-1	-1
	$m$	3	3	1	1	-3	-10	-10	-8	-5	0	-1	3	2
		2	1	-1	-1	-5	-10	-11	-9	-7	-2	-3	1	-2
Казань	$z_0$	0	0	-2	-2	-9	-17	-18	-15	-5	-5	-7	-1	-3
		0	0	-2	-1	-8	-15	-12	-9	-3	-5	-6	-1	-2
	$m$	-4	-3	-6	-5	-12	-19	-15	-10	-7	-9	-10	-4	-5
		-4	-3	-6	-5	-12	-18	-12	-8	-6	-9	-10	-4	-6
Куйбышев	$z_0$	7	0	9	5	-3	-38	-47	-36	-14	10	3	13	2
		10	6	12	9	2	-19	-23	-14	-1	14	8	14	6
	$m$	7	5	8	7	-1	-12	-13	-4	3	12	7	11	5
		8	7	9	9	1	-8	-9	0	6	14	9	12	6
Оренбург	$z_0$	2	9	6	2	5	-10	-13	-16	-7	-4	-1	12	3
		3	10	8	3	6	-6	-7	-11	-3	0	2	14	4
	$m$	-1	7	4	-1	2	-9	-9	-13	-5	-3	-1	11	2
		0	7	4	-1	2	-7	-7	-11	-4	-2	0	12	1
Пенза	$z_0$	2	6	2	0	-2	-10	-15	-17	1	10	4	2	3
		2	5	1	0	-2	-6	-9	-11	3	9	4	1	3
	$m$	-1	3	0	-3	-6	-9	-10	-12	-1	7	1	-1	1
		-1	2	-1	-4	-6	-7	-8	-9	-1	7	1	-2	-1
Саратов	$z_0$	1	-3	-6	-3	-6	-8	-12	-10	-4	-1	-3	-1	3
		0	-3	-7	-4	-6	-7	-11	-10	-3	-1	-4	-2	3
	$m$	-1	-7	-8	-6	-9	-11	-15	-14	-7	-4	-6	-4	-5
		-3	-7	-9	-7	-9	-11	-15	-14	-7	-4	-7	-5	-6



Окончание табл. 2

Станция	Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Уральск	$z_0$	2	2	0	4	4	2	3	3	6	9	4	4	4
		2	2	0	3	3	3	5	5	8	10	4	4	2
	$m$	0	0	-2	2	1	-1	1	1	4	6	1	2	6
		-1	-1	-3	1	0	0	2	1	4	6	1	1	6
Уфа	$z_0$	-14	-9	-6	-18	-3	-12	-57	-65	-19	-1	-6	-6	-12
		-9	-6	-4	-11	0	-6	-32	-32	-9	2	-2	-2	5
	$m$	-8	-6	-7	-6	0	-4	-8	-1	0	0	-3	-4	-2
		-5	-3	-5	-3	3	-1	-2	4	4	2	0	-1	-1

Примечание. Для  $z_0$  и  $m$  строка 1 – по формуле для средних годовых значений; строка 2 – для средних месячных значений

Однако анализ табл. 2 обращает внимание на то обстоятельство, что в летние месяцы, преимущественно в период июнь–август, расхождения между наблюдаемыми и расчетными средними скоростями ветра существенно выходят за пределы случайных ошибок. Это обуславливает необходимость учета сезонных особенностей формирования средних месячных скоростей ветра. Этого можно достичь путем временного дифференцирования интерполяционных формул. Для наглядного представления сезонного вида связи нами построены графики связи между средней скоростью ветра на высоте 10 м и параметрами  $z_0$  и  $m$  для лета (июнь–август) и для остальных месяцев года. Для параметра шероховатости такая связь представлена на рис. 3.

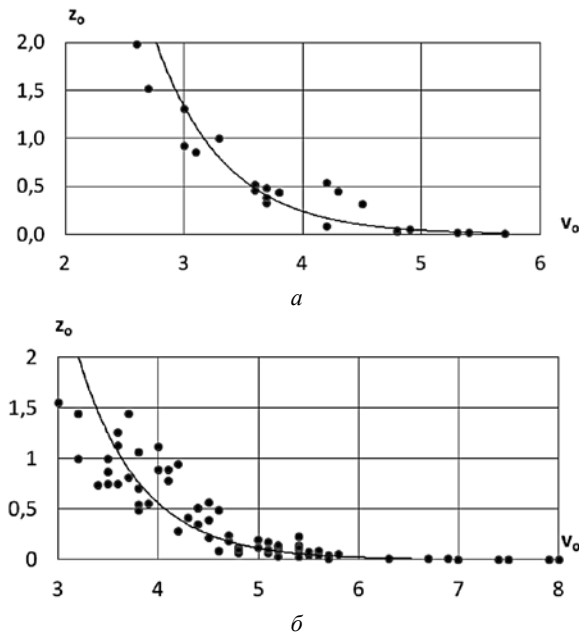


Рис. 3. Связь параметра  $z_0$  со средней месячной скоростью ветра на высоте флюгера  $v_0$  летом (а) и остальные месяцы года (б)

Уточненные нами для сезонов параметры вертикального изменения средних скоростей ветра с учетом временной обособленности следует оценивать по формулам:  
без лета

$$z_0 = 335,9 \cdot e^{-1,60v}, \quad (7)$$

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

лето

$$z_0 = 228,6 \cdot e^{-1,71v}, \quad (9)$$

$$m = 0,911 \cdot e^{-0,35v}. \quad (10)$$

Интерполяционные уравнения рассчитаны методом наименьших квадратов. Достоверность аппроксимации связи рассматриваемых величин экспонентой для средних месячных скоростей ветра возросла до 0,92–0,95, а это свидетельствует о достаточно надежной связи рассматриваемых величин.

При проведении тех или иных расчетов всегда следует оценивать точность полученных характеристик для решения поставленных задач. Нами получены абсолютные и относительные погрешности параметров  $z_0$  и  $m$  по интерполяционным формулам путем сравнения их с наблюдаемыми (табл. 3, 4).

В отношении  $z_0$ , обладающим большим диапазоном изменчивости, как абсолютные, так и относительные погрешности на отдельных станциях оказываются значительными по величине (см. табл. 3). Гораздо меньшими оказываются погрешности расчета параметра  $m$  по полученным формулам (см. табл. 4). В этом случае абсолютные погрешности не превышают 0,04, а ввиду малости наблюдаемой величины относительные погрешности в отдельных случаях возрастают до 15%. При этом следует иметь в виду, что абсолютная погрешность в 0,01, возможная, например, за счет округления, может составлять 10%. Следовательно, полученную точность расчета параметра  $m$  следует считать приемлемой.



Таблица 3

Погрешности расчета параметра шероховатости  $z_0$  по интерполяционным формулам (3)–(4) и (7)–(10)

Станция	Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Волгоград	$z_0$	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00
	$\Delta$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01	0,00	-0,02	0,00	0,00	0,00	-0,01
	%	0	0	0	0	0	-50	-100	0	-100	0	0	0	0
Казань	$z_0$	0,18	0,12	0,12	0,22	0,08	0,08	0,33	0,52	0,28	0,08	0,07	0,09	0,15
	$\Delta$	0,00	0,01	-0,03	-0,03	-0,13	-0,09	-0,08	0,04	-0,12	-0,07	-0,08	0,00	-0,07
	%	0	8	-25	-14	-163	-113	-24	8	-43	-88	-114	0	-47
Куйбышев	$z_0$	0,89	1,13	0,89	1,06	0,71	0,85	0,92	1,31	1,44	1,44	1,26	0,95	1,06
	$\Delta$	0,34	0,07	0,42	0,29	-0,06	-0,29	-0,43	-0,04	-0,57	0,54	0,20	0,55	0,08
	%	38	6	47	27	-8	-34	-47	-3	-40	38	16	58	8
Оренбург	$z_0$	0,41	0,56	0,51	0,24	0,39	0,44	0,48	0,38	0,54	0,55	0,56	1,00	0,49
	$\Delta$	0,07	0,31	0,22	0,06	0,14	0,20	0,07	-0,03	-0,23	-0,10	0,45	0,31	0,11
	%	17	55	43	25	36	45	15	-8	-43	-18	45	40	21
Пенза	$z_0$	0,08	0,14	0,05	0,08	0,12	0,44	0,52	0,46	0,34	0,23	0,19	0,06	0,17
	$\Delta$	0,02	0,08	0,02	0,00	-0,03	0,10	0,04	-0,02	0,05	0,17	0,08	0,02	0,04
	%	17	55	43	25	36	45	15	-8	-43	-18	45	40	21
Саратов	$z_0$	0,04	0,06	0,01	0,04	0,03	0,05	0,03	0,04	0,10	0,09	0,04	0,04	0,04
	$\Delta$	0,00	-0,03	-0,03	-0,02	-0,05	0,00	-0,03	-0,02	-0,05	0,00	-0,02	-0,01	-0,03
	%	0	-50	-300	-50	-167	0	-100	-50	-50	0	-50	-25	-75
Уральск	$z_0$	0,08	0,12	0,05	0,08	0,14	0,32	0,53	0,45	0,51	0,48	0,17	0,12	0,20
	$\Delta$	0,03	0,04	0,01	0,04	0,06	0,22	0,36	0,30	0,22	0,27	0,08	0,06	0,10
	%	38	33	20	50	43	69	68	67	43	56	47	50	50
Уфа	$z_0$	0,74	0,74	0,49	1,00	1,00	1,00	1,52	1,98	1,55	0,82	0,87	0,75	0,99
	$\Delta$	-0,72	-0,50	-0,28	-1,01	-0,24	0,19	-0,74	-0,70	-1,23	-0,08	-0,37	-0,31	-0,56
	%	-97	-68	-57	-101	-24	19	-49	-35	-79	-10	-43	-22	-78

Таблица 4

Погрешности расчета параметра  $m$  по интерполяционным формулам

Станция	Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Волгоград	$m$	0,10	0,10	0,10	0,12	0,12	0,14	0,13	0,12	0,14	0,12	0,10	0,11	0,11
	$\Delta$	0,02	0,01	0,00	0,00	-0,02	0,00	-0,01	0,00	-0,02	0,00	-0,01	0,01	0,00
	%	20	10	0	0	-17	0	-8	0	-14	0	-10	9	0
Казань	$m$	0,20	0,18	0,18	0,20	0,17	0,17	0,22	0,25	0,22	0,17	0,16	0,17	0,19
	$\Delta$	-0,01	-0,02	-0,03	-0,03	-0,05	-0,04	-0,03	-0,01	-0,03	-0,04	-0,05	-0,02	-0,02
	%	-5	-11	-17	-15	-29	-24	-14	-4	-14	-24	-31	-12	-11
Куйбышев	$m$	0,29	0,31	0,29	0,31	0,27	0,29	0,29	0,33	0,34	0,34	0,32	0,30	0,31
	$\Delta$	0,03	0,02	0,04	0,03	-0,01	-0,02	-0,03	0,01	0,01	0,06	0,03	0,05	0,03
	%	10	6	14	10	-4	-7	-10	3	3	18	9	17	10
Оренбург	$m$	0,24	0,26	0,25	0,21	0,23	0,24	0,24	0,23	0,25	0,25	0,26	0,30	0,25
	$\Delta$	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,02	-0,03	-0,02	0,04	0,03	0,01
	%	0	12	8	0	0	0	-4	-9	-12	-8	13	11	4
Пенза	$m$	0,17	0,19	0,16	0,17	0,18	0,24	0,25	0,24	0,23	0,21	0,20	0,16	0,20
	$\Delta$	-0,01	0,01	0,00	-0,02	-0,03	0,00	-0,01	-0,02	0,00	0,03	0,00	-0,01	0,01
	%	-6	5	0	-12	-17	0	-4	-8	0	14	0	-6	5
Саратов	$m$	0,15	0,16	0,12	0,15	0,15	0,15	0,14	0,15	0,18	0,17	0,15	0,15	0,15
	$\Delta$	-0,01	-0,03	-0,04	-0,03	-0,04	-0,01	-0,03	-0,02	-0,03	-0,02	-0,03	-0,02	-0,02
	%	-7	-19	-33	-20	-27	-7	-21	-13	-17	-12	-20	-13	-13





Окончание табл. 4

Станция	Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Уральск	m	0,17	0,18	0,15	0,17	0,19	0,22	0,25	0,24	0,25	0,25	0,20	0,18	0,20
	$\Delta$	0,00	-0,01	-0,02	0,00	0,00	0,03	0,04	0,04	0,02	0,03	0,01	0,00	0,01
	%	0	-6	-13	0	0	14	16	17	8	12	5	0	5
Уфа	m	0,27	0,28	0,25	0,30	0,30	0,30	0,35	0,38	0,35	0,28	0,29	0,28	0,30
	$\Delta$	-0,04	-0,02	-0,03	-0,03	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	-0,01	-0,01	-0,01
	%	-15	-7	-12	-10	0	3	0	3	3	0	-3	-4	-3

Однако практическую ценность погрешностей параметров  $z_0$  и  $m$  можно оценить лишь по точности восстановления средних скоростей ветра на той или иной высоте. Собственно для этого они и предназначены. Нами по средней скорости ветра на высоте флюгера (10 м) и параметрам  $z_0$  и  $m$ , полученным по интерполяционным формулам, рассчитаны

средние месячные скорости ветра на уровне 100 м. Результаты расчетов представлены в табл. 5. Как показывает их анализ, все же к лучшим результатам восстановления средних скоростей ветра на высоте 100 м приводит использование параметра  $m$ , а не параметром  $z_0$ , хотя принципиальных различий между ними не обнаруживается.

Таблица 5

Средние скорости ветра,  $V$ , м/с, на высоте 100 м, абсолютные,  $\Delta$ , м/с, и относительные, %, погрешности их восстановления по интерполяционным формулам для  $z_0$  и  $m$

Станция	Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Волгоград	V	10,0	9,9	9,4	9,0	8,3	7,3	7,3	7,6	7,8	8,8	8,9	9,5	
	$z_0$	$\Delta$	0,0	0,0	-0,1	0,0	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1	0,0	0,0	-0,2	0,1
		%	0	0	-1	0	-2	-1	-2	-1	0	0	-2	1
	$m$	$\Delta$	0,3	0,2	0,0	0,0	-0,3	-0,1	-0,1	0,0	-0,3	-0,1	-0,2	0,2
		%	3	2	0	0	-4	-1	-2	0	-3	-1	-2	2
	Казань	V	7,4	7,6	7,3	7,2	6,8	6,2	6,2	6,4	6,9	7,1	7,0	7,6
$z_0$		$\Delta$	1,0	-0,2	0,2	0,0	-0,1	-0,4	-0,2	0,1	0,1	0,3	0,1	0,7
		%	-1	3	1	0	-2	-5	-3	1	-4	-3	-4	2
$m$		$\Delta$	0,7	-0,5	-0,2	-0,3	-0,4	-0,6	-0,2	0,1	-0,1	-0,1	-0,3	0,4
		%	-5	0	-5	-2	-6	-7	-6	-2	-1	-1	-3	5
Куйбышев		V	7,8	7,4	8,0	7,7	7,1	6,0	5,9	6,4	7,0	8,1	7,6	8,3
	$z_0$	$\Delta$	0,6	0,1	0,8	0,5	-0,1	-0,4	-0,6	-0,1	-0,8	0,5	0,3	0,6
		%	8	2	9	6	-1	-6	-9	-1	-10	6	4	8
	$m$	$\Delta$	0,5	0,4	0,7	0,5	-0,1	-0,3	-0,4	0,1	0,2	0,6	0,6	0,4
		%	7	5	8	7	-1	-5	-6	2	3	8	7	5
	Оренбург	V	7,4	8,1	7,8	7,6	7,7	6,6	6,5	6,3	6,8	7,0	7,2	8,2
$z_0$		$\Delta$	0,2	0,2	0,5	0,2	0,4	0,2	0,1	-0,1	-0,4	-0,2	0,0	0,6
		%	2	-1	7	3	5	3	2	-1	-6	-3	0	8
$m$		$\Delta$	-0,1	-0,1	0,3	-0,1	0,1	0,0	-0,1	-0,3	-0,4	-0,2	-0,1	0,5
		%	3	-1	4	-1	2	0	-1	-4	-5	-3	-1	6
Пенза		V	8,0	8,3	8,3	7,7	7,3	6,6	6,4	6,3	7,4	8,7	7,9	8,1
	$z_0$	$\Delta$	0,2	0,5	0,2	0,0	-0,1	0,2	0,1	0,0	0,1	-0,1	0,3	0,1
		%	2	6	2	0	-2	3	1	-1	2	-2	4	2
	$m$	$\Delta$	-0,1	0,2	0,0	-0,3	-0,5	0,0	-0,1	-0,2	0,1	-0,4	0,0	-0,1
		%	-1	2	0	-4	-6	0	-2	-4	-2	-5	0	-1
	Саратов	V	8,1	7,4	7,6	7,6	7,3	7,0	6,7	6,8	7,2	7,6	7,6	7,8
$z_0$		$\Delta$	0,1	-0,1	-0,2	-0,2	-0,4	0,0	-0,3	-0,2	-0,2	0,0	-0,5	-0,4
		%	-1	-2	3	-3	-5	-1	-4	-3	-3	0	-3	-1
$m$		$\Delta$	-0,2	-0,4	-0,5	-0,5	-0,7	-0,1	-0,4	-0,3	-0,6	-0,3	-0,5	-0,4
		%	-2	-6	-6	-7	-9	-2	-6	-4	-8	-4	-7	-5



Станция	Параметр		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Уральск	V		8,1	7,9	8,0	8,3	8,0	7,5	7,5	7,5	7,8	8,1	8,0	8,2
	$z_0$	$\Delta$	0,2	0,2	0,0	0,3	0,3	0,7	0,9	0,9	0,5	0,8	0,4	0,4
		%	-1	3	1	4	4	9	11	10	7	6	6	2
	$m$	$\Delta$	-0,1	-0,1	-0,2	0,1	0,0	0,6	0,7	0,6	0,3	0,5	0,1	0,1
%		-1	-1	-3	1	0	7	9	9	4	2	2	-1	
Уфа	V		6,4	6,6	6,7	6,4	7,0	6,6	6,0	6,3	6,7	7,1	6,8	6,8
	$z_0$	$\Delta$	-1,1	-0,8	-0,5	-1,4	-0,4	0,3	-0,9	0,8	-1,7	-0,1	-0,6	-0,5
		%	-17	-12	-8	-22	-5	4	-15	-13	-25	-2	-8	-7
	$m$	$\Delta$	-0,5	-0,4	-0,5	-0,4	0,0	0,2	-0,1	0,3	0,1	0,0	-0,2	-0,2
%		-8	-6	-7	-6	0	3	-2	4	1	0	-3	-4	

Погрешности имеют как положительный, так и отрицательный знак, это отражает колебательный характер относительно генеральной закономерности, а полученные результаты следует считать сглаженными на большей совокупности значений. В большинстве случаев погрешности при этом, особенно для годовых значений, не превышают 1–3 % и лишь в отдельных случаях повышаются до 6%, что все же соответствует величине случайных ошибок. А случайные ошибки, как известно, складываются из погрешностей измерения и расчета статистических характеристик. Все это позволяет считать, что расчетные характеристики могут лучше отражать изменение средних значений скорости ветра с высотой. Этот вывод подтверждается и тем, что наибольшие погрешности приходится на наименьшие средние месячные скорости ветра, а, как известно, наименьшие значения измеряются с наибольшими ошибками.

Средние годовые значения скоростей ветра на уровне 100 м более надежно восстанавливаются с использованием степенного закона или параметра  $m$ , рассчитанного по формуле (1). При использовании параметра  $z_0$  как абсолютные, так и относительные их ошибки оказываются несколько выше.

Анализ восстановления средних годовых значений скоростей ветра на уровне 100 м по параметру  $m$  показал, что принципиальных различий в использовании формулы 5 (для средних годовых значений) и формулы (7) (средние месячные значения) не имеется. По параметру  $z_0$  в отдельных случаях имеет место повышение погрешностей.

В 2004 г. правительством Саратовской области рассматривался вопрос о возможности размещения в регионе парка ВЭУ немецкой компании *Nordex*. В связи с необходимостью уточнения ветрового режима и ветровых ресурсов в области, выбора типа ВЭУ и условий их эксплуатации в марте-мае 2004 г. были проведены изыскатель-

ские 8-срочные наблюдения за скоростью ветра на высотах 14 м и 59 м с участием автора в роли ответственного исполнителя НИР [2].

Полученный массив данных параметров ветра использован для установления закона изменения скорости ветра с высотой на юго-востоке Саратовской области. Этот закон позволяет оценить среднюю скорость ветра на высоте установки оси ветроколеса ветроэнергетической установки по наземным измерениям. Оценки нарастания скорости ветра с высотой полностью соответствуют полученным в настоящей работе выводам.

Результаты работы были использованы для технико-экономического обоснования схем размещения ветроэнергетических установок (ВЭУ) на территории области, величины вырабатываемой ими электрической энергии, ее стоимостных показателей, сроках окупаемости и проектирования ВЭУ.

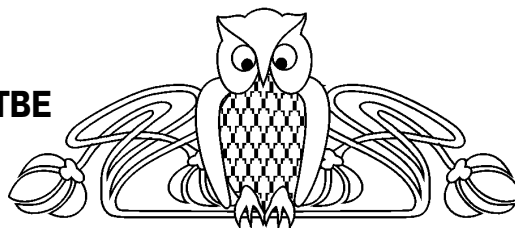
**Библиографический список**

1. Борисенко М. М., Гобарова Е. О., Жильцова Е. Л. Оценка ветроэнергетических ресурсов на территории России // Тр. ГГО. 2008. Вып. 557. С. 53–66.
2. Волков С. А., Рыхлов А. Б., Тверской А. К. Ветроэнергетика: реальность и перспективы // Энергосбережение в Саратовской области. 2004. № 3. С. 38–42.
3. Борисенко М. М. Вертикальные профили ветра и температуры в нижних слоях атмосферы // Тр. ГГО. 1974. Вып. 320. 205 с.
4. Заварина М. В. Расчетные скорости ветра на высотах нижнего слоя атмосферы. Л., 1971. 162 с.
5. Новый аэроклиматический справочник пограничного слоя атмосферы над СССР : в 2 т. Т. 2. Статистические характеристики ветра. Кн. 1–10. М., 1986. 184 с.
6. Минин В. А., Дмитриев Г. С., Иванова Е. А., Морозкина Т. Н., Никифорова Г. В. Ресурсы ветровой энергии Мурманской области и возможности их промышленного использования. URL: <http://www.kolasc.net.ru/russian/sever06.html> (дата обращения: 16.09.2010).



УДК 633.1:551.58

## КЛИМАТИЧЕСКИЕ РИСКИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ И НЕКОТОРЫЕ ПУТИ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ



С. И. Пряхина, Е. И. Гужова, М. М. Смирнова

Саратовский государственный университет,  
кафедра метеорологии и климатологии  
E-mail: kafmeteo@sgu.ru

В данной статье по срочным ежедневным данным за тридцатилетний период рассчитаны все известные в литературе критерии засухливости. Но ни один из них не отражает степень очень сильной засухи, когда гибнет более 70 % урожая. Авторами впервые введен физиологический коэффициент засухливости.

**Ключевые слова:** климатический риск, критерии засухливости, засуха, урожай, степные районы, атмосферные осадки, предиктор, дефицит влажности.

### Climatic Risk in Agricultural Production and Some Ways Their Overcome

S. I. Pryakhina, E. I. Gugova, M. M. Smirnova

This article touches upon daily urgent factfiles during the 30-year period. The author of the article calculates all famous in literature criteria of drought. But no one of them reflects a degree of a strong drought when more than 70% of crop dies. The author introduces first the physiological coefficient of drought.

**Key words:** drought, crop, climatic risk, criteria of aridity, steppe areas, precipitation, predictor, deficiency of humidity.

Опасные гидрометеорологические явления влекут за собой человеческие жертвы и наносят значительный ущерб экономике и имуществу граждан.

Вне зависимости от почвенно-климатических условий даже самые развитые промышленные страны вкладывают очень большие средства в развитие отечественного сельского хозяйства.

С потеплением климата обычным явлением для многих регионов России и государств СНГ стали засухи. Засуха – это длительный бездождный период, сопровождаемый снижением относительной влажности воздуха, влажности почвы и повышением температуры, когда не обеспечи-

ваются нормальные потребности растений в воде.

Кризис в сельском хозяйстве и спад его производства сразу наносят тяжелый удар по всей экономике. Гибнет не только урожай, но и очень ценные сорта зерновых культур.

Благодаря своему географическому положению и климатическим условиям Саратовская область является одним из основных производителей в России высококачественного зерна, в частности сортов сильных и твердых пшениц. В связи с тем что регион расположен в зоне рискованного земледелия и недостаточного увлажнения, сельскохозяйственное производство испытывает большие трудности в получении высоких и устойчивых урожаев [1]. Поэтому для работников сельского хозяйства Саратовской области нет более важной проблемы, чем преодоление засухи. Угроза засухи так часто зависит над степными районами, что она, естественно, должна привлекать самое серьезное внимание исследователей.

По данным НИИСХ Юго-Востока за период (с 1981 по 2010 гг.) были рассчитаны средние многолетние месячные и годовые суммы осадков. Сравнивая их с нормами, взятыми из справочников, видно, что за последние 30 лет количество осадков увеличилось на 30 мм (табл. 1) [2, 3]. Увеличение осадков отмечается в осенне-зимний период, поэтому создаются более благоприятные условия для зимующих культур. Уменьшение осадков в апреле и мае приводит к увеличению суховейных явлений в данные месяцы, что негативно сказывается на сельском хозяйстве (рис. 1).

Е. К. Зоидзе предложил для оценки интенсивности атмосферных засух использовать несколько показателей (табл. 2): гидротермический коэффициент Селянинова, показатель увлажнения Шашко, показатель влагообеспеченности Процера, число дней за *i*-декаду с относительной влажностью воздуха  $\leq 30\%$  и число дней за *i*-декаду с максимальной температурой воздуха  $> 30^\circ\text{C}$ . При

Таблица 1

Месячные и годовые нормы осадков, мм

Источник данных	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	теп	хол	год
Справочник по климату [2]	27	23	24	25	39	41	43	38	34	38	31	27	258	132	390
Научно-прикладной справочник по климату [3]	32	26	28	29	43	45	51	44	39	41	37	36	292	159	451
Данные за 1981–2010 гг. (Саратов – оп. поле)	42,4	34,5	32,4	33,3	36,8	50,6	48,3	33,1	48,4	34,9	46,5	41,5	288,5	193,7	482,2

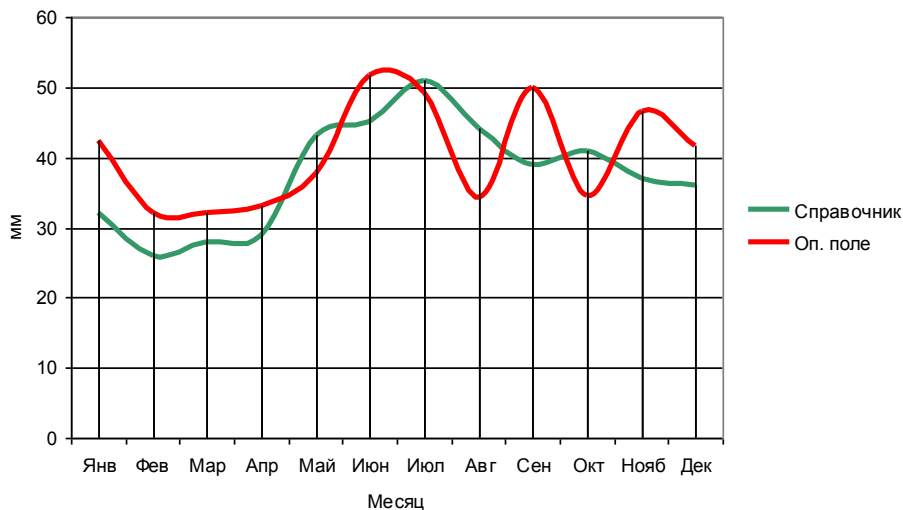


Рис. 1. Сравнение значений норм осадков по справочнику и по данным Саратов, оп. поле

Таблица 2

Показатели оценки засух [4]

Номер показателя	Показатель оценки засух	Класс засух по интенсивности				
		очень сильная засуха (класс 1-й)	сильная засуха (класс 2-й)	средняя засуха (класс 3-й)	слабая засуха (класс 4-й)	отсутствие засухи (класс 5-й)
1	Гидротермический коэффициент по Селянинову (ГТК)	$\leq 0,19$	0,20–0,39	0,40–0,60	0,61–0,75	$\geq 0,76$
2	Показатель увлажнения (КУ) Шашко	$\leq 0,09$	0,10–0,19	0,20–0,30	0,31–0,40	$\geq 0,41$
3	Показатель влагообеспеченности Процерова ( $V$ , %)	0–40	41–50	51–60	61–70	$71 \leq V \leq 100$
4	Число дней за $i$ -ю декаду с относительной влажностью воздуха $< 30\%$ ( $N_0$ )	8–11	6–7	3–5	1–2	0
5	Число дней за $i$ -ю декаду с максимальной температурой воздуха $> 30^\circ\text{C}$ ( $N_T$ )	8–11	6–7	3–5	1–2	0

этом рассматривались 4 категории интенсивности атмосферных засух: очень сильная, сильная, средняя, слабая, а также вариант отсутствия засухи [4].

Весьма обобщенным критерием этих видов засухи считается уровень снижения урожайности. Так, слабые засухи характеризуются снижением урожайности на 10–15%, средние – на 25%, сильные – на 50%, очень сильные – более чем на 50% от среднего многолетнего значения.

**ГТК Селянинова.** Весьма удобным показателем для оценки атмосферных засух за многолетний период на больших территориях является гидротермический коэффициент (ГТК Селянинова), представляющий собой относитель-

ный показатель увлажненности территории. Он определяется отношением суммы осадков ( $R$ ) в мм, за период со средней суточной температурой воздуха выше  $10^\circ\text{C}$ , к сумме средних суточных температур ( $\Sigma T$ ) за этот же период, уменьшенной в 10 раз (что весьма близко характеризует испаряемость):  $\text{ГТК} = \Sigma R / 0,1 \Sigma T$ .

Расчет ГТК с 1981 по 2010 г. показал, что за рассматриваемый период в 47% лет (14 лет) засуха отсутствовала, в 17% (5 лет) и 27% (8 лет) – наблюдались слабые и средние засухи соответственно. Сильные засухи были отмечены в 1988, 1998 и 2010 гг., что составляет 10% от рассматриваемого периода (табл. 3).

Таблица 3

Расчет ГТК Селянинова за период май–июль

Год	Температура, $^\circ\text{C}$ , $\Sigma$	Осадки, мм, $\Sigma$	ГТК	Интенсивность засухи
1981	1837,1	84,9	0,46	Средняя
1982	1591,1	137,7	0,87	Нет засухи
1983	1645,1	134,7	0,82	Нет засухи



Окончание табл. 3

Год	Температура, °С, $\Sigma$	Осадки, мм, $\Sigma$	ГТК	Интенсивность засухи
1984	1951,8	127	0,65	Слабая
1985	1706,9	193,8	1,14	Нет засухи
1986	1695,5	94,5	0,56	Средняя
1987	1833,9	149,6	0,82	Нет засухи
1988	1865,7	71,2	0,38	Сильная
1989	1753,1	236,9	1,35	Нет засухи
1990	1542,4	207,1	1,34	Нет засухи
1991	1901,8	77,4	0,41	Средняя
1992	1626,6	102,7	0,63	Слабая
1993	1673,4	189,6	1,13	Нет засухи
1994	1689,3	191,7	1,13	Нет засухи
1995	1939,3	75,3	0,39	Сильная
1996	2024,0	113,9	0,56	Средняя
1997	1748,8	186,4	1,07	Нет засухи
1998	1961,2	44,7	0,23	Сильная
1999	1763,4	85,6	0,49	Средняя
2000	1521,7	243,1	1,6	Нет засухи
2001	1789,2	154,3	0,86	Нет засухи
2002	1749,7	72,1	0,41	Средняя
2003	1658,4	192,4	1,16	Нет засухи
2004	1685,8	163,1	0,97	Нет засухи
2005	1803,6	119,7	0,66	Слабая
2006	1737,3	106,4	0,61	Слабая
2007	1802,0	134,2	0,74	Слабая
2008	1705,6	165,4	0,97	Нет засухи
2009	1860,6	111,8	0,6	Средняя
2010	1889,9	72,3	0,38	Сильная

**КУ Шашко.** Показатель годового увлажнения Д. И. Шашко равен отношению суммарного годового количества осадков к годовой сумме среднесуточных дефицитов влажности воздуха. В соответствии с предложенным Д. И. Шашко агроклиматическим районированием на основе показателя годового увлажнения (КУ) Саратовская область в большей степени расположена в зоне недостаточного и незначительного увлажнения.

На территории Саратовской области можно выделить следующие зоны увлажнения [5]:

1. Полувлажная зона с  $KU \geq 0,41$  (отсутствие засухи). Годовая сумма осадков составляет 454–505 мм, а годовая испаряемость в среднем равна 650 мм. Данная зона является наиболее влагообеспеченной по области.

2. Полузасушливая зона с  $KU = 0,40–0,31$  (слабая засуха). Это зона пониженной влажности. Годовая сумма осадков колеблется в пределах 429–485 мм. Дефицит влажности воздуха в среднем равен 1700 гПа.

3. Засушливая зона с  $KU = 0,30–0,20$  (средняя засуха). К ней относятся юго-восточные районы Правобережья, примыкающие к Волге (Саратов). Сумма осадков в засушливой степи составляет 445–451 мм в год, а годовая испаряемость намного больше осадков 874–936 мм.

4. Очень засушливая зона с  $KU = 0,19–0,10$  (сильная засуха). К ней относится большая часть Левобережья, это зона степи с преобладанием темно-каштановых почв. Годовая сумма осадков изменяется от 327 до 382 мм. Годовая испаряемость превышает осадки в 2,5 раза.

5. Полусухая (полупустынная) зона с  $KU \leq 0,09$  (очень сильная засуха). Эта зона занимает Новоузенский и Алгайский районы на крайнем юго-востоке области. Годовая испаряемость территории более чем в 3 раза превышает годовое количество осадков.

Расчет показателя годового увлажнения по станции НИИСХ Юго-Востока за двадцатилетний период (1991–2010 гг.) позволяет распределить годы по степеням засухи. Таким образом, силь-



ные засухи наблюдались в 1991, 1998, 1999, 2005, 2009 и 2010 гг., засухи средней степени – в 1992, 1994, 1995, 1996, 1997, 2002, 2004, 2006, 2007 и 2008 гг., засухи слабой интенсивности – в 2000, 2001 и 2003 гг. Засуха не наблюдалась лишь в 1993 году (табл. 4).

Таблица 4

Расчет КУ Шашко (1991–2010 гг.)

Год	Параметр	Сумма за год	КУ	Засуха
1991	$\Sigma P$	391,1	0,19	Сильная
	$\Sigma D$	2114,8		
1992	$\Sigma P$	400,8	0,22	Средняя
	$\Sigma D$	1801,8		
1993	$\Sigma P$	641,5	0,42	Нет засухи
	$\Sigma D$	1529,5		
1994	$\Sigma P$	498,5	0,28	Средняя
	$\Sigma D$	1776,9		
1995	$\Sigma P$	479,4	0,20	Средняя
	$\Sigma D$	2356,8		
1996	$\Sigma P$	471,6	0,21	Средняя
	$\Sigma D$	2275,9		
1997	$\Sigma P$	388,5	0,22	Средняя
	$\Sigma D$	1797,4		
1998	$\Sigma P$	322,7	0,14	Сильная
	$\Sigma D$	2315,1		
1999	$\Sigma P$	357,2	0,18	Сильная
	$\Sigma D$	2020,5		
2000	$\Sigma P$	643,6	0,37	Слабая
	$\Sigma D$	1759,9		
2001	$\Sigma P$	609,0	0,35	Слабая
	$\Sigma D$	1731,8		
2002	$\Sigma P$	442,4	0,21	Средняя
	$\Sigma D$	2080,0		
2003	$\Sigma P$	565,9	0,35	Слабая
	$\Sigma D$	1604,2		
2004	$\Sigma P$	532,4	0,29	Средняя
	$\Sigma D$	1850,3		
2005	$\Sigma P$	426,1	0,18	Сильная
	$\Sigma D$	2345,1		
2006	$\Sigma P$	479,1	0,25	Средняя
	$\Sigma D$	1911,4		
2007	$\Sigma P$	496,7	0,21	Средняя
	$\Sigma D$	2362,7		
2008	$\Sigma P$	476,0	0,24	Средняя
	$\Sigma D$	2002,6		
2009	$\Sigma P$	416,6	0,15	Сильная
	$\Sigma D$	2709,1		
2010	$\Sigma P$	309,0	0,09	Очень сильная
	$\Sigma D$	3159,2		



Количество доступной растениям влаги, взятой зерновыми культурами из весенних запасов в корнеобитаемом слое почвы, помимо размеров весеннего увлажнения, в большой степени зависит от метеорологических условий года. В дождливые годы с пониженной температурой воздуха и невысоким напряжением транспирации потребность зерновых культур в

воде удовлетворяется атмосферными осадками, почвенная влага расходуется мало. В засушливые годы, наоборот, растения вынуждены жить за счет резерва воды в почве. Поэтому необходим расчет числа дней за *i*-декаду с относительной влажностью воздуха  $\leq 30\%$  (табл. 5) и числа дней за *i*-декаду с максимальной температурой воздуха  $>30^\circ\text{C}$  (табл. 6).

Таблица 5

Число дней за декаду с  $f \leq 30\%$ 

Год	Май	Июнь	Июль	Сумма/среднее	Интенсивность
	ср. знач.	ср. знач.	ср. знач.		
1981	7	4	4	15/5	Средняя
1982	4	2	3	9/3	Средняя
1983	1	1	0	2/1	Слабая
1984	10	4	3	17/5	Средняя
1985	6	3	0	9/3	Средняя
1986	5	3	4	12/4	Средняя
1987	3	3	1	7/2	Слабая
1988	6	3	4	13/4	Средняя
1989	1	1	0	2/1	Слабая
1990	3	1	1	5/1	Слабая
1991	4	3	4	11/4	Средняя
1992	4	3	1	8/3	Слабая
1993	6	0	0	6/2	Слабая
1994	3	0	0	3/1	Слабая
1995	3	2	4	9/3	Средняя
1996	6	3	5	14/5	Средняя
1997	2	0	1	3/1	Слабая
1998	7	6	5	18/6	Сильная
1999	4	1	1	6/2	Слабая
2000	2	2	0	4/1	Слабая
2001	2	1	2	5/2	Слабая
2002	7	3	4	14/5	Средняя
2003	5	0	0	5/2	Слабая
2004	2	2	1	5/2	Слабая
2005	2	0	0	2/1	Слабая
2006	3	1	2	6/2	Слабая
2007	6	2	1	9/3	Средняя
2008	4	1	0	5/2	Слабая
2009	4	4	5	13/4	Средняя
2010	4	7	8	19/6	Сильная

Из табл. 5 видно, что сильная засуха наблюдалась в 1998 и 2010 гг., средней интенсивности засуха была отмечена в 1981, 1982, 1984, 1985, 1986, 1988, 1991, 1995, 1996, 2002 и 2009 гг. В остальные годы засуха была слабой интенсивности.

Определение засух за тот же период (1981–2010 гг.) по количеству дней за декаду с темпе-

ратурой выше  $30^\circ\text{C}$  показало немного другие результаты:

1981, 1987, 1988, 1991, 1995, 1996, 1998, 2009 и 2010 – годы со средней интенсивностью засухи, 1990, 1994 и 2003 – годы с полным отсутствием засухи, во все остальные годы наблюдалась засуха слабой интенсивности (см. табл. 6).



Таблица 6

Число дней за декаду с  $T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ 

Год	Май	Июнь	Июль	Сумма/среднее	Интенсивность
	ср. знач.	ср. знач.	ср. знач.		
1981	0	5	8	13/4	Средняя
1982	0	0	2	2/1	Слабая
1983	0	0	2	2/1	Слабая
1984	2	2	4	8/3	Слабая
1985	0	1	0	1/0	Нет засухи
1986	0	3	3	6/2	Слабая
1987	0	6	4	10/3	Средняя
1988	0	3	5	8/3	Средняя
1989	0	2	2	4/1	Слабая
1990	0	0	1	1/0	Нет засухи
1991	0	4	3	7/3	Средняя
1992	0	2	2	4/1	Слабая
1993	0	0	2	2/1	Слабая
1994	0	1	0	1/0	Нет засухи
1995	2	6	3	11/3	Средняя
1996	2	2	4	8/3	Средняя
1997	0	2	2	4/1	Слабая
1998	0	5	7	12/4	Средняя
1999	0	3	5	8/2	Слабая
2000	0	0	4	4/1	Слабая
2001	0	0	6	6/2	Слабая
2002	0	0	7	7/2	Слабая
2003	1	0	0	1/0	Нет засухи
2004	0	2	1	3/1	Слабая
2005	1	0	3	4/1	Слабая
2006	0	3	2	5/2	Слабая
2007	3	3	2	8/3	Слабая
2008	0	1	3	4/1	Слабая
2009	0	4	6	10/3	Средняя
2010	0	6	8	14/5	Сильная

Различные показатели дают разные оценки интенсивности засухи в один и тот же год.

В ходе проделанной работы можно сделать вывод, что ни один из вышеперечисленных критериев не отражает точно степень засух, т. е. метеорологические факторы плохо проводят границу между сильной и очень сильной засухой. Поэтому мы не можем объективно давать оценку засухам. *Современная наука не может описать четкое взаимодействие метеорологических и физиологических показателей.* В качестве примера взят 2010 г. Большинство из перечисленных критериев отнесли засуху 2010 г. по категории к сильной. Хотя урожайность данного года составила менее 20% от среднего многолетнего, по показателю ее необходимо относить к очень сильной засухе. В

годы сильных засух мы предлагаем вводить метод физиологической оценки растений. В качестве предиктора берется гибель растений при высоких значениях температуры. В учебнике растениеводства П. П. Вавилова приведены данные, что при температуре воздуха  $35^{\circ}\text{C}$  устьица листьев просо теряют способность закрываться через 48 ч, тогда как озимая пшеница через 20–25 ч, яровая – через 10–17 ч [6]. Нужно добавить, что большое значение в гибели растений при сильной засухе имеет влагосодержание. По Кабанову, если среднесуточный дефицит воздуха больше 20 гПа, то растения гибнут уже при  $30^{\circ}\text{C}$  (если такая погода держится несколько дней) [7]. Поэтому если температура воздуха в течение трех дней держится выше  $30^{\circ}\text{C}$  и дефицит более 20 гПа, то гибнет яровая пшени-





ца. Если такая погода держится 4 дня и более, то погибает даже просо.

Анализируя данные ежедневного метеорологического материала за июнь, июль, август 2010 г., нами выявлено, что продолжительное число дней с температурой более 30°C и дефицитом более 20 гПа наблюдалось с 23 по 30 июня.

Для озимой пшеницы конец июня в среднем приходится на фазу колошение–цветение. При высоких температурах в период цветения резко снижается жизнеспособность пыльцы, что ухудшает опыление и снижает будущий урожай.

Для яровой пшеницы этот жаркий период приходится на фазу колошение. А при таких условиях погоды наблюдается сильное увядание растений, пожелтение и преждевременное отмирание листьев, а также прекращение ростовых процессов.

Что касается просо, то его жаровыносливость очень высока, но дни с высокой температурой и большим дефицитом влажности в конце июня приходится как раз на фазу кущение – выход в трубку. В этот период наблюдается наибольшая потребность данной культуры во влаге. Поэтому жаркая погода без осадков в данном случае привела к гибели данной культуры [6].

Резкое повышение температуры в ответственные фазы для растений может привести к губительным результатам. И как следствие, уже в конце июня 2010 г., сложившиеся погодные условия привели к снижению урожайности и к гибели культур.

В июле–августе засуха достигла наибольшей силы. Дождей в августе вовсе не было, что создало

исключительно неблагоприятные условия для сева озимых культур.

Таким образом, в годы с очень сильной засухой критерии должны быть объективными, а гидрометеорологическая безопасность должна включать точную характеристику каждого явления. В кризисные годы субъектам Российской Федерации, наиболее сильно пострадавшим от засухи, государством выделяются прямые и безвозмездные дотации, выдаются бюджетные кредиты, проводится страхование посевов по интенсивности неблагоприятных явлений.

#### Библиографический список

1. Пряхина С. И., Скляр Ю. А., Заварзин А. И. Природные ресурсы Нижнего Поволжья и степень их использования зерновыми культурами. Саратов, 2001. 66 с.
2. Справочник по климату СССР : в 4 ч. Ч. 1–4. Вып. 12. Л., 1968.
3. Научно-прикладной справочник по климату СССР : в 6 ч. Серия 3. Многолетние данные. Ч. 1–6. Л., 1988. Вып. 12. 647 с.
4. Зоидзе Е. К. Об одном подходе к исследованию неблагоприятных агроклиматических явлений в условиях изменения климата в Российской Федерации // Метеорология и гидрология. 2001. № 1.
5. Шульгин А. М. Агрометеорология и агроклиматология : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Метеорология». Л., 1978. 197 с.
6. Вавилов П. П. Растениеводство. М., 1986. 512 с.
7. Кабанов П. Г. Погода и поле. Саратов, 1975. 240 с.

УДК 551.577.38:633.1:631.559(470.4)

## ВЛИЯНИЕ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Г. Ф. Иванова, Н. Г. Левицкая<sup>1</sup>, О. В. Шаталова<sup>1</sup>

Саратовский государственный университет,  
Кафедра метеорологии и климатологии

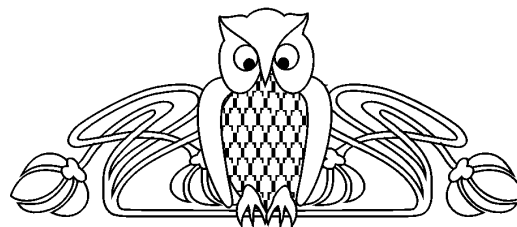
E-mail: kafmeteo@sgu.ru

<sup>1</sup>НИИ сельского хозяйства Юго-Востока РАСХН

E-mail: raiser\_saratov@mail.ru

Показана повторяемость и динамика вероятности различного типа засух, а также оценка их интенсивности по ГТК за 120-летний период (1891–2010 гг.). Дана агрометеорологическая характеристика наиболее жестоких засух. Приведено снижение урожайности зерновых культур и валовых сборов зерна в Саратовской области в годы с различными типами засух.

**Ключевые слова:** засуха, тип засухи, повторяемость, интенсивность, осадки, урожайность, валовой сбор зерна.



#### Influence of Extreme Displays of Climatic Changes on Efficiency of Agricultural Crops

G. F. Ivanova, N. G. Levitskaya, O. V. Shatalova

Repeatability and dynamics of probability of various type of droughts, and also estimation of their intensity on hydrothermal factor for the 120-year-old period (1891–2010rr is shown.). The agrometeorological characteristic of the most severe droughts is given. Decrease in productivity of grain crops and total gathering of grain in the Saratov area in years with various types of droughts is resulted.

**Key words:** drought, drought type, repeatability, intensity, deposits, productivity, total gathering of grain.



Частая повторяемость засух и суховеев в Поволжье является главной особенностью климата региона, что существенно снижает его сельскохозяйственный потенциал. Поэтому изучению и оценке этих явлений в регионе всегда уделялось повышенное внимание [1–3].

В условиях нестационарности и глобального потепления климата проблема мониторинга и оценки засушливых явлений, а также выявления тенденции их изменения во времени и пространстве приобрела особый практический интерес.

Цель данной работы состояла в оценке повторяемости и агрометеорологических особенностей засух различного типа и интенсивности за 120-летний период (1891–2010 гг.), определении динамики вероятности атмосферных и почвенных засух и их влияния на производство зерна в регионе.

Материалом для исследований послужили результаты наблюдений наиболее длиннорядных метеостанций, расположенных в различных почвенно-климатических зонах Саратовской области, а также данные по средней областной урожайности зерновых культур и валовым сборам зерна, взятые из статистических сборников.

Исследования проводились с помощью методов скользящих средних, вероятностного и статистического анализов.

В агрометеорологии различают три вида засух: атмосферную, почвенную и общую. Атмосферная засуха характеризуется большой сухостью воздуха и обычно предшествует почвенной. Почвенная засуха возникает вследствие

усиленного испарения почвенной влаги до пределов недостаточных для нормального роста и развития растений. Общая засуха наступает, когда атмосферная и почвенная засухи наблюдаются одновременно.

По времени наступления засухи в регионе делят на ранние весенние, весенне-летние, поздние летние, осенние и устойчивые, охватывающие 2–3 сезона. По интенсивности и охвату территории засухи делят на очень сильные, сильные, средние и слабые.

Наиболее удобным показателем для оценки интенсивности атмосферных засух за многолетний период является гидротермический коэффициент Селянинова ( $ГТК = \sum_{ос./0,1} \sum_{t>10^{\circ}}$ ). В данной работе были использованы следующие критерии этого показателя:  $ГТК \leq 0,3$  – очень сильная засуха;  $ГТК = 0,4–0,5$  – сильная засуха;  $ГТК = 0,6–0,7$  – средняя засуха;  $ГТК = 0,8–0,9$  – слабая засуха. Оценка ГТК проводилась за отдельные месяцы вегетации, в целом за основной период вегетации зерновых (май–июль) и предпосевной и посевной период озимых (август–сентябрь).

Проведенный анализ показал, что в целом за 120-летний период в регионе наблюдалось 66 засух, т. е. повторяемость их составила 55%.

Сравнительный анализ повторяемости различного типа засух в последний 30-летний (1981–2010 гг.) и предшествующий 90-летний (1891–1980 гг.) периоды свидетельствует о том, что в целом она увеличилась с 51 до 67%. При этом наиболее заметно увеличилась повторяемость весенне-летних и устойчивых засух (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительная оценка повторяемости, %, различного типа засух за 120, 90 и 30-летний периоды

Тип засухи	1891–2010 гг.		1891–1980 гг.		1981–2010 гг.	
	ч.с.	%	ч.с.	%	ч.с.	%
Ранняя весенняя	14	12	12	13	2	7
Весенне-летняя	18	15	11	12	7	23
Поздняя летняя	12	10	8	9	4	13
Осенняя	3	2	2	1	1	3
Устойчивая	19	16	13	14	6	20
Всего засух	66	55	46	51	20	67

Анализ повторяемости засух по годам показывает, что засухи в регионе могут повторяться 2 года подряд. Например, засухи 1897 и 1898 гг., 1905 и 1906 гг., 1920 и 1921 гг., 1938 и 1939 гг., 1942 и 1943 гг., 1954 и 1955 гг., 1971 и 1972 гг., 1991 и 1992 гг., 1995 и 1996 гг., 1998 и 1999 гг., 2009 и 2010 гг. Иногда засухи могут повторяться 3 года подряд. Например, засухи 1965, 1966 и 1967 гг., 1979, 1980 и 1981 гг., а в период с 1959 по 1963 г. засухи наблюдались 5 лет подряд. Наибольшей повторяемостью (15–16%) отличаются весенне-летние и устойчивые засухи, практически

с равной вероятностью (10–12%) могут наблюдаться ранние весенние и поздние летние засухи. Осенние засухи чаще являются продолжением сильных летних засух, а как отдельно возникшее явление они наблюдались лишь в 1942, 1974 и 1989 гг.

Для выявления тенденций изменения засушливости климата в работе были исследованы закономерности динамики вероятностей атмосферных засух разной интенсивности по следующим скользящим 20-летним периодам: 1891–1910, 1892–1911 ... 1991–2010 гг.

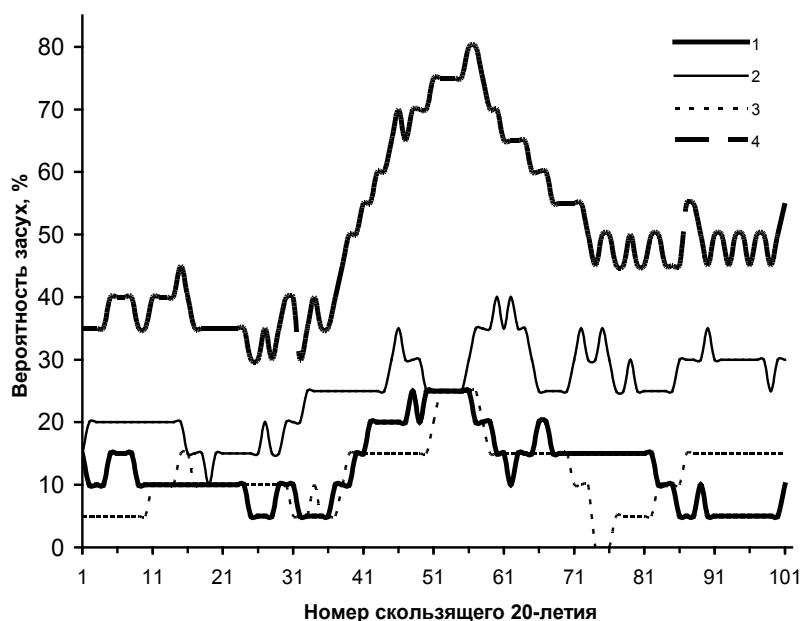


Рис. 1. Динамика вероятности, %, засух различной интенсивности по скользящим 20-летиям за период 1891–2010 гг. по м/с Саратов ЮВ: 1 – очень сильные засухи, 2 – сильные засухи, 3 – средние засухи, 4 – все засухи

Анализ данных, представленных на рис. 1, показал, что в целом за 120-летний период (1891–2010 гг.) в регионе наблюдались периоды повышенной и пониженной вероятности засух разной интенсивности. Особенно наглядно это обстоятельство проявляется в динамике всех атмосферных засух и засух очень сильной интенсивности. Так, период с 1891 по 1936 гг. характеризовался небольшими, а 1938–1981 гг. высокими вероятностями всех засух.

Наибольшая вероятность засух очень сильной интенсивности наблюдалась в период с 1940 по 1975 гг., а наименьшая – в период 1976 по 2009 гг. Необходимо отметить также, что в последние годы наблюдается последовательный рост засух сильной и средней интенсивности, вероятность которых по сравнению с началом периода увеличилась на 10%.

Для характеристики почвенных засух в работе был использован критерий М. С. Кулика, согласно которому декады с запасами почвенной влаги в слое почвы 0–20 см менее 10 мм в период от посева до кущения зерновых считаются сухими и свидетельствуют о начале почвенной засухи.

Для идентификации почвенной засухи в период выход в трубку – колошение в качестве критерия принимаются запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы, составляющие менее 60 мм, а в период созревания – менее 25 мм [4, 5].

Проведенный анализ показал, что вероятность почвенной засухи к началу сева озимых культур колеблется от 15% в лесостепных до 27% в сухостепных районах области. Условия

сева ранних яровых культур по оценке вероятности почвенных засух заметно благоприятнее. За период с 1951 по 2010 г. вероятность почвенной засухи в посев яровых изменялась от 0 до 3–4% (табл. 2). В период выход в трубку – колошение условия засушливости как для озимых, так и для ранних яровых культур усиливаются, особенно в сухостепных и полупустынных районах Левобережья, где вероятность почвенной засухи возрастает до 56–68%. В период созревания озимых культур вероятность почвенной засухи в слое почвы 0–100 см составляет в Правобережье 20–30%, в Левобережье – 75–80%, ранних яровых соответственно 20–48 и 74–76%.

Для более детальной характеристики агроклиматических условий засушливости вегетационных периодов озимых и ранних яровых культур в работе была использована такая характеристика как число декад с почвенной засухой в целом за период вегетации, которая позволяет учесть биологическую особенность конкретной сельскохозяйственной культуры и продолжительность периода ее вегетации.

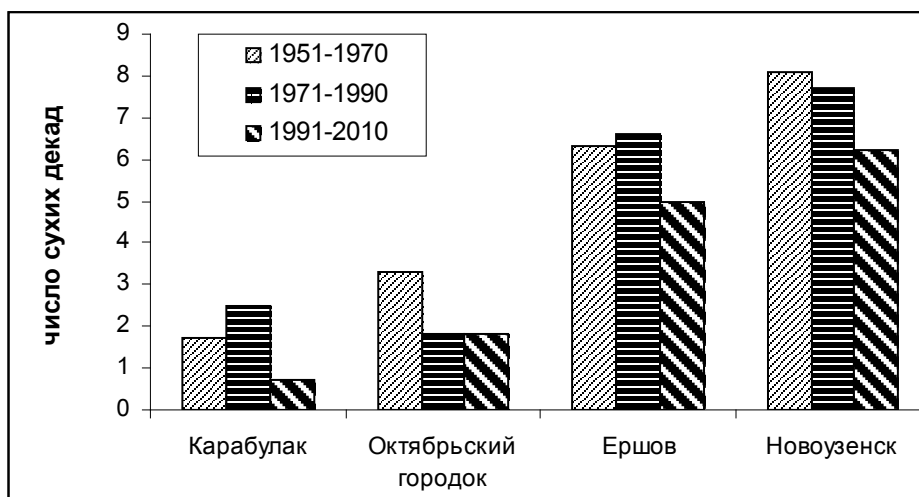
Анализ распределения этой характеристики по территории области показал, что число декад с почвенной засухой изменяется от 0 до 8. Наибольшее число таких декад отмечается в период вегетации озимых культур. Чтобы учесть разницу в продолжительности вегетационного периода озимых (16 декад) и ранних яровых (9 декад) было рассчитано процентное соотношение числа сухих и нормально увлажненных декад под каждой культурой. Согласно полученным данным в право-



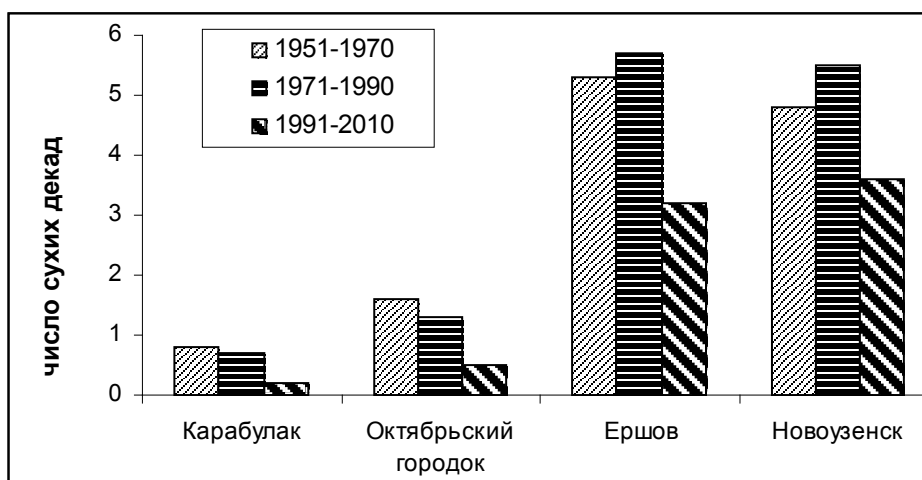
Таблица 2

Вероятность, %, почвенных засух под озимой и яровой пшеницей в различные периоды вегетации за 1951–2010 гг.

Природная зона	Период вегетации				
	Посев	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Созревание
Озимая пшеница					
Лесостепь	16	18	7	9	21
Засушливая черноземная степь	18	17	11	14	30
Сухая степь	27	21	36	56	80
Полупустыня	29	22	39	59	75
Яровая пшеница					
Лесостепь	0	0	6	10	20
Засушливая черноземная степь	0	2	14	21	48
Сухая степь	3	7	45	67	74
Полупустыня	3	14	49	68	76



а



б

Рис. 2. Среднее число сухих декад за вегетационный период озимых (а) и яровых (б) культур по отдельным 20-летиям



бережных районах области под ранними яровыми это соотношение составляет 6–14%, под озимыми – 11–17%, а в левобережных соответственно 50–52 и 39%. В среднем засушливость вегетационного периода яровой пшеницы в левобережных районах области более чем в 5 раз превышает степень засушливости условий ее вегетации в правобережных районах. Это обстоятельство необходимо обязательно учитывать при размещении озимых и яровых культур по микрорайонам области.

Сравнительная оценка числа сухих декад за вегетационный период озимых и ранних яровых культур за три последовательных 20-летия (1951–

1970, 1971–1990 и 1991–2010 гг.) свидетельствует о тенденции снижения интенсивности почвенных засух в период 1991–2010 гг. (рис. 2).

Проведенный анализ показал, что наиболее резкое снижение урожайности и валовых сборов зерна в регионе наблюдается в годы устойчивых засух. Средняя по области урожайность яровых культур в такие годы отклоняется от тренда на 48–60%, озимых – на 33%, а валовые сборы зерна составляют в среднем 2,1 млн тонн (табл. 3). В годы с ранними весенними засухами наибольшее снижение урожая наблюдается у озимых культур – 26% тренда.

Таблица 3

Влияние различного типа засух на валовые сборы зерна и урожайность основных зерновых культур в Саратовской области (1961–2010 гг.)

Тип засухи	Валовой сбор зерна, млн т	Отклонение урожайности от тренда, %			
		Озимая пшеница	Яровая пшеница	Ячмень	Просо
Ранняя весенняя	2,7	–26	–13	–18	–18
Весенне-летняя	3,6	–3	–25	–20	–24
Поздняя летняя	4,4	9	12	10	–9
Устойчивая	2,1	–33	–48	–60	–58

В годы с весенне-летними засухами урожайность озимых культур отклоняется от тренда всего на –3%, поэтому они играют роль страховых культур. Яровые зерновые при этом снижают урожайность на 20–25% тренда.

К наиболее жестоким засухам последнего полувека следует отнести засухи 1972, 1975, 1998 и 2010 гг. Каждая из сильных засух имела свои агрометеорологические особенности.

Засухе 1972 г. предшествовала холодная малоснежная зима. Температура воздуха в январе была на 5–7° ниже обычной. Сумма осадков за январь–февраль составила в среднем по области всего 6 мм или 10% нормы. Высота снежного покрова была небольшой, особенно в левобережных районах области – от 3 до 10 см. Экстремально высокий температурный режим (на 3–4° выше нормы) установился уже в апреле, а в среднем за май–июль положительная аномалия температуры составила 2,8–3,2°. В дневные часы максимальные температуры воздуха поднимались до 37–39°. Засуха сопровождалась длительными бездождными периодами, большой сухостью воздуха и сильным перегревом почвы. Сумма осадков за май–июль в среднем по области составила 56 мм или 45% нормы, а число дней с относительной влажностью воздуха менее 30% изменялось от 60 до 78. Гидротермический коэффициент за май–июль в среднем по области составил 0,3. Влагообеспеченность зерновых культур была плохой, растения повреждались засухой, при созревании было щуплое зерно. Средняя по области урожайность зерновых составила 5,6 ц/га, валовой сбор зерна – 2,1 млн т.

Засуха 1975 г. была такой же сильной, как в 1972 г. Засухе предшествовала засушливая осень,

теплая с оттепелями и умеренно снежная зима. Весна была ранней и очень теплой. Уже в апреле средняя температура воздуха превышала норму на 6,8–8,8°. Сумма осадков в левобережных районах области изменялась от 2 до 6 мм, в правобережных в основном от 6 до 15 мм. Запасы почвенной влаги быстро уменьшались, стали возникать суховейные явления. В мае–июне наблюдалась очень жаркая сухая погода с дневными температурами 32–38° (местами 40°) и интенсивными суховейными явлениями. Средняя по области сумма осадков в мае составила 10% нормы, в июне – 30% нормы. У растений засыхали листья и стебли, на ряде площадей в Левобережье зерновые культуры погибли полностью. Урожайность зерновых культур вследствие жестокой засухи 1975 г. составила всего 3,6 ц/га, а валовой сбор зерна 1,5 млн т.

Наибольший урон зерновому хозяйству области был нанесен засухой 1998 г. По продолжительности и интенсивности засушливых явлений она не имела себе аналогов за весь предшествующий период наблюдений. Бездождный период в большинстве районов области начался 13 апреля и продолжался 81 день (до 3 июля). В Саратове за этот период выпало 13 мм осадков, что составило 12% нормы, а в ряде юго-восточных районов области сумма осадков не превысила 1 мм. В среднем по области за май–июль выпало 50 мм осадков, что составило 40% нормы. Интенсивное нарастание температур началось в последние дни мая, а в дальнейшем экстремально высокий температурный режим сохранялся в течение большей части июня и июля. Во второй декаде июня среднесуточные температуры воздуха превышали норму на 10–12°, максимальный дефицит влажности



воздуха поднимался до 40–50 гПа, относительная влажность воздуха понижалась до 15–20%. Всего за май–июль было отмечено 50 дней с относительной влажностью воздуха менее 30%. Все эти показатели свидетельствуют о чрезвычайно сильной интенсивности засушливых явлений.

Сложившиеся условия привели к полной гибели яровых культур на значительных площадях, особенно в левобережных районах области. Повсеместно хлеба отличались низкорослостью и мелким колосом. Зерно сформировалось шуплым, а в отдельных районах не сформировалось совсем. Лишь в части северных и центральных районов Правобережья, где в июне-июле прошли хорошие ливневые дожди, на отдельных полях был получен неплохой урожай. Средняя по области урожайность зерновых составила всего 3,9 ц/га, а валовой сбор зерна 1,2 млн т.

Засухе 2010 г. предшествовала аномально холодная зима с большим количеством осадков. Средняя за декабрь–февраль температура воздуха была на 0,8–1,2° ниже нормы. Морозы в декабре–январе достигали 30–34°. Сумма зимних осадков составила в среднем по области 160 мм, или 178% нормы. Весна была ранней, отличалась повышенным температурным режимом и дефицитом осадков. В мае наиболее жаркой и сухой была первая декада месяца. В дальнейшем экстремально высокий температурный режим установился с начала июня и сохранялся до конца сентября. Средняя за май–июль температура воздуха в Саратове превысила норму на 4,6°. Такой положительной аномалии температур в основной период вегетации зерновых культур не наблюдалось за весь предшествующий период наблюдений. Сумма осадков за май–июль составила в среднем по области 26% нормы. Посевы озимых культур в засуху 2010 г. отличались очень малым количеством продуктивных стеблей и мелким колосом. При созревании зерно отличалось повышенной шуплостью. На посевах яровых культур отмечалось преждевременное засыхание листьев нижнего и среднего яруса, а в дальнейшем и полное засыхание растений. В августе засуха достигла наибольшей силы. Средняя месячная температура

воздуха была на 5,0–6,6° выше обычной. Дождями в августе и первой половине сентября практически не было совсем, что создавало исключительно неблагоприятные условия для сева озимых культур.

В сложившихся условиях урожайность озимой пшеницы на опытных полях НИИСХ Юго-Востока колебалась от 12 до 20 ц/га, яровой пшеницы – от 1,5 до 3 ц/га, проса – от 3,5 до 7 ц/га. Валовой сбор зерна в области по предварительным данным составил около 1,1 млн т.

Одним из путей уменьшения отрицательного воздействия засух на производство зерна в регионе является их заблаговременный прогноз, который позволил бы выбрать правильное соотношение культур и сортов, определить оптимальные агротехнические приемы возделывания сельскохозяйственных культур и сроки их применения.

Вопросом поиска периодичности в наступлении засух занимались многие исследователи [2, 6, 7]. В ряде случаев было установлено, что большая группа лет, заканчивающихся на единицу, отличалась повышенной засушливостью (1891, 1901, 1911, 1921, 1931, 1951, 1961, 1971, 1981, 1991 гг.).

П. Г. Кабанову на основе изучения материалов за 120-летний период удалось установить, что засушливые годы в Поволжье идут циклами (приблизительно через 32–33 года) с повторяемостью внутри каждого цикла через определенное число лет. Циклы, налагаясь друг на друга, создают сложное чередование засушливых и влажных лет. Начало циклам в исследуемый автором период было положено засухами 1859, 1891, 1924 и 1957 гг. При этом засухи цикла 1891 г. имели повторяемость через 10 и 15 лет, цикла 1924 г. – через 11 и 15 лет, цикла 1957 г. – через 10 и 15 лет [3].

В данной работе приводится оправдываемость установленной цикличности, которая показывает, что отдельные периодические колебания, полученные эмпирическим путем, отличаются достаточно высокой степенью вероятности. Например, засухи, повторяющиеся через 15 лет, во всех трех циклах имели оправдываемость 100%, а засухи в годы, заканчивающиеся на единицу, оправдывались в 83% лет (табл. 4).

Таблица 4

Цикличность засух, по Кабанову П. Г., и оценка их оправдываемости в Поволжье за 1891–2010 гг.

Начальный год цикла					
1891		1924		1957	
Периодичность					
10 лет	15 лет	11 лет	15 лет	10 лет	15 лет
1891*	1891*	1924*	1924*	1957*	1957*
1901*	1906*	1935	1939*	1967*	1972*
1911*	1921*	1946*	1954*	1977*	1987*
1921*	1936*	1957*	1969*	1987*	2002*
1931*	1951*	1968	1984*	1997	2017
1941	1966*	1979*	1999*	2007	



Начальный год цикла					
1891		1924		1957	
1951*	1981*	1990	2014	2017	
1961*	1996*	2001			
1971*	2011	2012			
1981*					
1991*					
2001					
2011					
% оправдываемости засух					
83	100	50	100	67	100

\* – Значок, подтверждающий факт засухи.

Приведенные результаты свидетельствуют о том, что данную цикличность с определенной степенью вероятности можно использовать в практике сельскохозяйственного производства для фоновой оценки ожидаемых условий увлажнения.

#### Библиографический список

1. Давид Р. Э. Избранные работы по сельскохозяйственной метеорологии. Л., 1965. 226 с.
2. Кабанов П. Г., Кастров В. Г. Засухи в Поволжье // Погода и засухи в Поволжье // Науч. тр. НИИСХ Юго-Востока. Саратов, 1972. Вып. 31. С. 5–102.

3. Кабанов П. Г. Погода и поле. Саратов, 1975. 240 с.
4. Кулик М. С. Агроклиматические показатели засух // Вопросы агрометеорологии. Л., 1958. С. 70–75.
5. Уланова Е. С. Агрометеорологические условия и продуктивность зерновых культур // Метеорология и гидрология. 1984. № 5. С. 95–100.
6. Дроздов О. А. Засухи и динамика увлажнения. Л., 1980. 95 с.
7. Селянинов Г. Т. Происхождение и динамика засух // Засухи в СССР, их происхождение, повторяемость и влияние на урожай. Л., 1958. С. 5–30.

УДК 551.509312+528.94:55(470.44)

## ОРГАНИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА СИНОПТИКА-ДОЛГОСРОЧНИКА (АРМС-Д) НА ОСНОВЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

С. В. Морозова

Саратовский государственный университет,  
кафедра метеорологии и климатологии  
E-mail: kafmeteo@sgu. ru

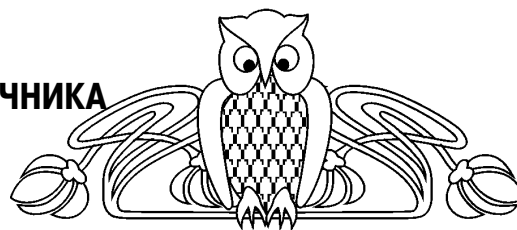
В настоящей статье показаны преимущества применения ГИС-технологий в оперативном детализированном долгосрочном прогнозировании элементов погоды и описаны ключевые моменты использования ГИС в рабочей схеме составления такого прогноза.

**Ключевые слова:** долгосрочный прогноз погоды, ГИС-технологии.

#### Organization of Workstation of Weather Long-Forecaster on Basis Hybrid-Type DEVICE-Technologies

S. W. Morozova

In the real article advantages of application of hybrid-type DEVICE are shown in the operative gone into detail long-term prognostication of



elements of weather and the key moments of the use are described hybrid-type DEVICE in the working chart of drafting of such prognosis.  
**Key words:** long-range forecast, DEVICE-technologies.

Составление долгосрочных прогнозов погоды является одним из самых сложных видов прогнозирования, вместе с тем такой прогноз оказывается всё более востребованным. Краткосрочное прогнозирование довольно хорошо организовано практически во всех странах мира. Ведущие мировые прогностические центры, в том числе и Гидрометцентр Российской Федерации, имеют возможность рассчитывать краткосрочный прогноз по уравнениям гидродинамики для любого пункта; все такие прогнозы имеются в свободном доступе (сайт GIS-метео и т. п.). Такая практика обеспечения прогностической продукцией оказалась востребованной потребителем.



В конце прошлого века в оперативную практику краткосрочного прогнозирования вошли специализированные аппаратно-программные комплексы, разработанные на основе ГИС-технологий – АРМСы – автоматизированное рабочее место синоптика. Такие комплексы решают узкоспециальные задачи – обеспечение метеоинформацией различных отраслей экономики, и в первую очередь авиации, и размещены во всех аэропортах и региональных прогностических центрах. Потребителями метеорологической прогностической продукции также являются транспортные отрасли, жилищно-коммунальное хозяйство, работники аграрного сектора экономики, МЧС. Но перечисленные хозяйственные структуры заинтересованы не столько в краткосрочном прогнозе (одни – двое суток), сколько в прогнозах большей заблаговременности – на неделю, месяц, сезон. Такой заблаговременности региональными прогностическими центрами официальные прогнозы не составляются. Имеющаяся в распоряжении региональных центров долгосрочная прогностическая информация поступает из Гидрометцентра РФ и содержит сведения о месячных аномалиях температуры и осадков, что практически бесполезно для нуждающихся в оперативном долгосрочном прогнозировании отраслей экономики. В целях оптимизации работы отраслей производства, ориентации экономики на ресурсо- и энергосбережение, повышение эффективности капиталовложений необходима большая детализация условий погоды на месяц и сезон, а подразделениям МЧС и транспортным отраслям – также долгосрочный прогноз экстремумов метеорологических величин. Такую задачу из области долгосрочного прогнозирования – оперативное обеспечение регионов долгосрочными детализированными прогнозами и прогнозами экстремумов метеовеличин – Гидрометцентр РФ решить не в состоянии. Оперативное составление таких прогнозов и обеспечение ими потребителей под силу только региональным прогностическим центрам, но методы и техника их составления сейчас очень рутинна. Расчёт характеристик предстоящей погоды по гидродинамическим моделям гораздо менее трудоёмкий, достаточно оперативный, он даёт удовлетворительные результаты на срок до пяти дней, но при прогнозировании на более длительный срок оправдываемость резко падает и через 10–14 дней оказывается близкой к нулю. Такое положение принципиальной ограниченности научного предсказания связано с существованием предела предсказуемости – физического предела, определяемого свойствами атмосферы и качественными особенностями течения циркуляционных процессов.

Обойти предел предсказуемости и дать необходимую детализацию позволяют физико-статистические методы долгосрочных прогнозов. Сложностью применения физико-статистических методов является их региональность и огромная

трудоёмкость. Даже в главном прогностическом центре страны долгосрочный физико-статистический прогноз составляется при колоссальном физическом труде синоптика-прогнозиста. Составить в Гидрометцентре РФ оперативные долгосрочные прогнозы с необходимой детализацией для каждого региона не представляется возможным в связи с отсутствием технических автоматизированных средств прогнозирования. Решить проблему поможет организация автоматизированного рабочего места синоптика-долгосрочника (АРМС-Д), подобных тем, какие внедрены в оперативную краткосрочную практику.

Отметим, что универсального физико-статистического метода ДПП не существует, но в основе любого такого метода лежит принцип аналогичности. В настоящее время при составлении долгосрочного физико-статистического прогноза львиная доля времени тратится на подбор аналогов, которые оказываются разными для каждого конкретного региона, месяца, явления и т. п. Подбор аналогов по математическим формулам, изложенным в «Руководстве по месячным прогнозам погоды» (1967), оказались настолько малозначащими для облегчения и автоматизации труда синоптика, что в скором времени от него отказались. Эту самую трудоёмкую операцию позволяют колоссально облегчить именно ГИС-технологии, на основе которых можно и организовать АРМС-Д.

На кафедре метеорологии и климатологии разработана и успешно применяется в оперативной практике модель долгосрочного прогнозирования экстремумов метеорологических величин [1–4], но положение осложняется выводом на бумажные носители полученных эталонных и аналоговых полей и ручным проведением изолиний. Применив ГИС-технологии к имеющейся модели долгосрочного прогнозирования, можно говорить об организации на кафедре автоматизированного рабочего места синоптика – долгосрочника.

Гис-технологии позволяют оптимально сочетать статистическую обработку огромных объёмов информации, размещаемой на *ftp*-сервере Гидрометцентра как данные реанализа любой метеорологической величины на нужном уровне и проводить быструю визуализацию благодаря наложению на бланк географической карты нужной проекции определённые слои: слой 1 – значения давления или геопотенциала в узлах регулярной сетки, слой 2 – изолинии данной метеовеличины. Применение ГИС позволило несколько изменить саму технологию составления прогноза. Из этих изменений в следующем. Если раньше визуально подобрав эталон прогнозируемой синоптической ситуации и его аналог специалист-долгосрочник пользовался ими на протяжении довольно большого периода – пять, десять, пятнадцать, а то и более лет, то оказывалось, что по истечении какого-либо промежутка времени выявленные эталоны и аналоги «не работали», т. е. найденные





зависимости исчезали. Эта особенность связана с регулярными перестройками атмосферной циркуляции, которая происходит ритмически, но не за вполне определённые промежутки времени, т. е. имеет «скользящие» начало и конец. Поиск новых аналогов опять занимал уйму времени, что отрицательно отражалась в прогностической практике. ГИС-технологии позволяют оптимизировать процесс поиска аналогов и применить «скользящий» подбор аналога – по прошествии одного срока (года, месяца – в зависимости от интервала прогнозирования) происходит добавление полей настоящего периода, а самых ранних – исключение. Таким образом повышается оправдаемость долгосрочных прогнозов погоды. Предварительные расчёты показали улучшение оправдаемости на 1–3%.

При регулярном составлении прогнозов хода элементов погоды в течение месяца выявилась необходимость разработки фоновых прогнозов. В таком прогнозе указывается общий темпера-

турно-влажностный режим месяца: экстремально-тёплый, экстремально-холодный, нормальный, сухой, влажный. На каждом определённом фоне рассчитанные экстремумы проявляются поразному. Составление фоновых прогнозов также удалось внедрить на основе ГИС-технологий. В результате статистической обработки и визуализации результатов наложением слоёв на географическую основу получены *цепочки состояний*, или *ансамбли полей*, приводящих к осуществлению тех или иных явлений (ранние и поздние даты перехода через определённые пределы, интенсивные волны тепла и холода, длительные бездождные периоды и периоды выпадения осадков и т. п.).

Например, эталон экстремально-тёплого апреля показан на рис. 1, аномально-холодного – рис. 2. Используя цепочку эталонных ситуаций, возможно составление фоновых прогнозов, которые впоследствии детализируются. В целом работа комплекса, отражена в схеме рис. 3.

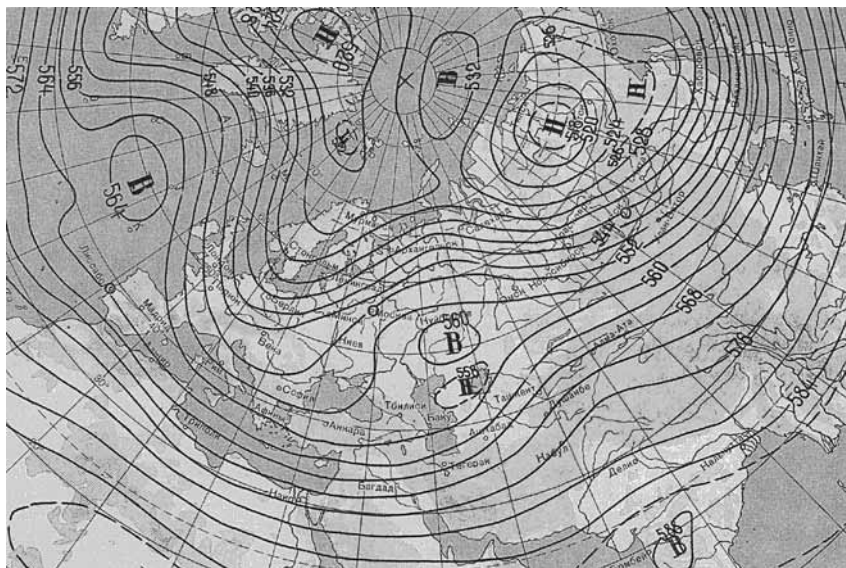


Рис. 1. Среднее барическое поле на уровне 500 гПа в апреле 1973 года

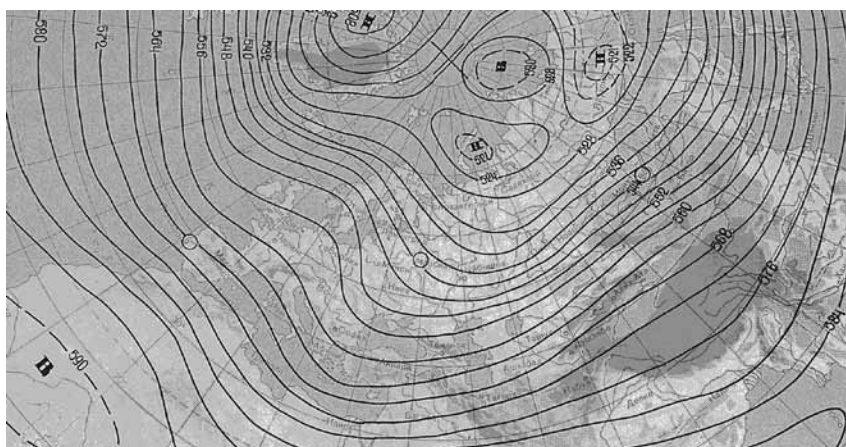


Рис. 2. Среднее барическое поле на уровне 500 гПа в апреле 1987 года

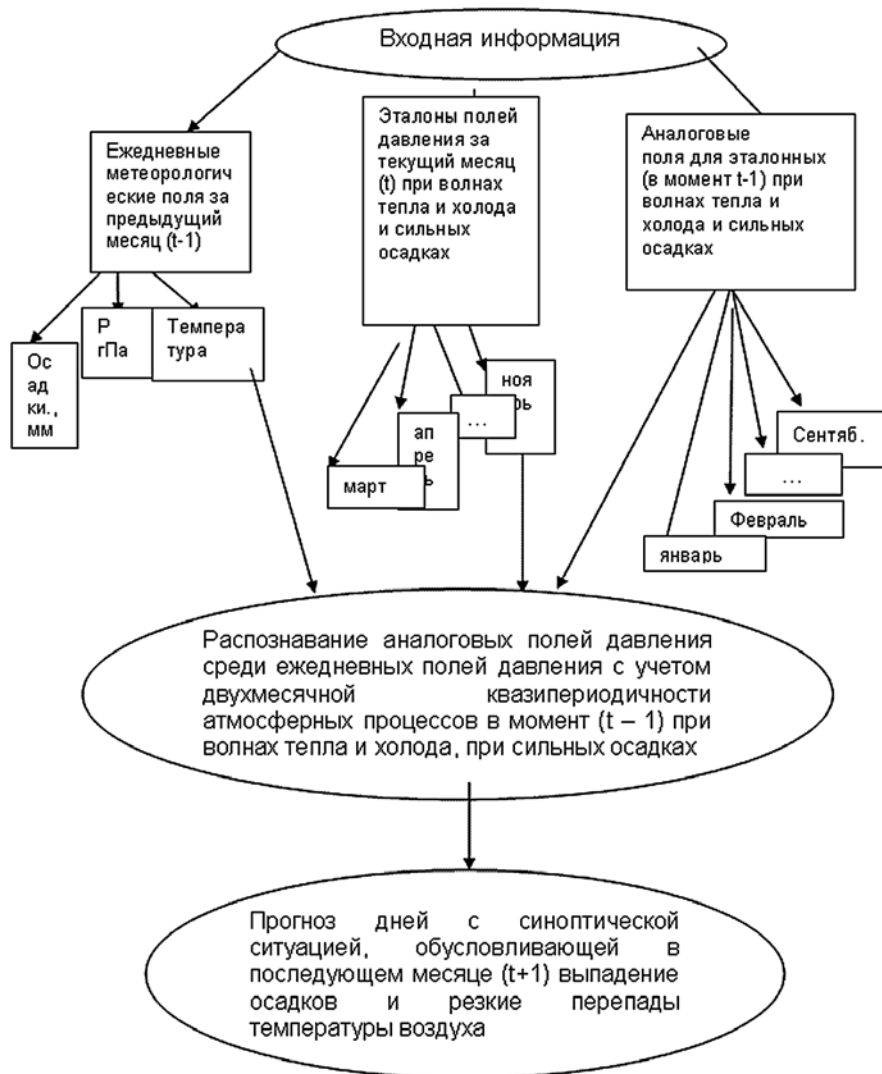


Рис. 3. Алгоритм рабочей схемы составления фоновых и детализированных прогнозов на основе АРМС-Д

Таким образом, автоматизированная статистическая обработка и физический анализ на основе визуализации полей с помощью ГИС позволяют организовать долгосрочное прогнозирование элементов и фона погоды с довольно большой заблаговременностью и оперативностью для любого региона.

#### Библиографический список

1. Полянская Е. А., Морозова С. В., Пужлякова Г. А., Фетисова Н. А. Физико-статистический метод прогноза резких колебаний температуры воздуха в течение месяца. Саратов, 2002. 24 с.
2. Полянская Е. А., Морозова С. В., Пужлякова Г. А., Фетисова Л. М. К вопросу обобщения гидрометеорологической информации // Изв. Сарат. ун-та. 2004. Т. 4, Вып. 1–2. С. 157–161.
3. Полянская Е. А., Морозова С. В., Пужлякова Г. А., Фетисова Л. М. Региональная модель долгосрочного прогноза резких изменений температуры воздуха с месячной заблаговременностью // Изв. Сарат. ун-та. 2004. Т. 4, Вып. 1–2. С. 195–198.
4. Морозова С. В. Об автоматизации процесса долгосрочного прогнозирования погоды // Географические исследования в Саратовском государственном университете. Саратов, 2008. С. 192–196.



## ГЕОЛОГИЯ

УДК 551.761

### ТРИАСОВЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ (литолого-стратиграфический очерк)

Т. Ф. Букина, З. А. Яночкина

НИИ естественных наук, отделение геологии  
E-mail: bukina\_tf@land.ru

Проведены литологические исследования керна скважин глубокого бурения, вскрывших полный разрез триасовой системы Прикаспийской впадины, выявлены особенности вещественного состава и условий накопления триасовых толщ. Установлена сопоставимость событий с таковыми в Северо-Германской впадине. Различие в истории развития Прикаспийской впадины в ранне-, средне- и поздне триасовое время обусловлено изменением палеогеографических обстановок от нормально морского бассейна и равнин, периодически заливаемых морем, к морскому эпиконтинентальному бассейну, затем к аллювиально-озёрно-болотным палеоландшафтам и климата - от аридного к субгумидному и гумидному.

**Ключевые слова:** триас, стратификация разрезов, литологические критерии стратификации и межрегиональной корреляции толщ, влияние палеогеографических обстановок и климата на формирование вещественного состава отложений триаса.

#### Triassic Beds from the Pricaspian Depression (Lithology-Stratigraphy Study)

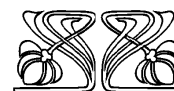
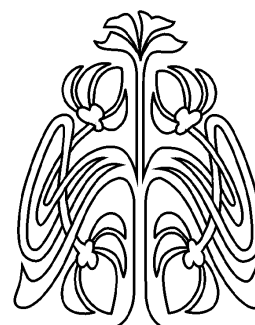
T. F. Bukina, Z. A. Yanochkina

Lithologies were examined of the cores from the deep wells that have penetrated the entire section of the Triassic system in the Pricaspian Depression; material compositions and accumulation peculiarities of the Triassic sequences have been revealed. Certain events have been found comparable to those in the North Germanic Depression. The differences in the Pricaspian Depression evolution in the Early, Middle and Late Triassic were caused by the changes of paleogeographic environment from normal marine basins and plains periodically flooded by sea to marine epicontinental basin, then to alluvial-lacustrine-marsh paleolandscapes and by the climate changes – from arid to subhumid and humid ones.

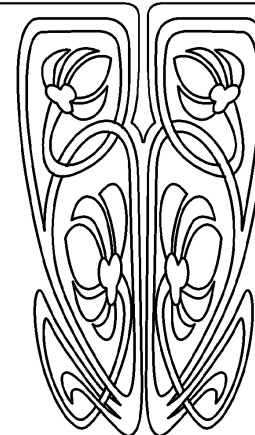
**Key words:** Triassic, section stratification, lithologic criteria of the sequence stratification and interregional correlation, influence of the paleogeographic settings and climate on the material compositions of the Triassic beds.

Триасовые отложения в пределах Прикаспийской впадины имеют повсеместное распространение. Наибольшая их мощность около 3000 м, что указывает на значительный удельный вес данных образований в строении впадины. Начало их изучения было положено 140 лет назад И. В. Ауэрбахом в районе естественных выходов на горе Большое Богдо.

Долгое время существовало мнение о наличии только двух отделов триасовой системы: нижнего и верхнего. После того как скважинами глубокого бурения был вскрыт полный разрез триасовой системы, появилась возможность и необходимость пересмотра существующих стратиграфических представлений. Анализируя геологическое и тектоническое развитие Прикаспийской впадины, сопоставляя литологический состав и ископаемые организмы с таковыми Северо-Германской впадины, В. В. Липатова [1] пришла к выводу об общности их развития в триасовый период и наличии в Прикаспийской впадине трёх отделов триасовой системы германского типа. Здесь так же чётко, как и в стратотипическом разрезе Германии, по литологическому составу выделяется три части разреза, которые соответствуют трём отделам триасовой системы [2].



НАУЧНЫЙ  
ОТДЕЛ





Нижняя толща – пестроцветная терригенная мощностью свыше 2000 м. Средняя – терригенно-карбонатная, сложена сероцветными песчаниками и глинами, а также планктоногенными и органогенными известняками, общая мощность до 400 м в западной части Прикаспия, на востоке колеблется в пределах 180–1750 м. Верхняя – сероцветная, реже красноцветная терригенная, мощностью свыше 570 м. Настоящая статья составлена по стратиграфической схеме В. В. Липатовой [2], согласно которой триасовая система подразделяется на три отдела, в каждом из которых выделяются серии, горизонты и зоны, полностью увязывающиеся с ярусным делением единой стратиграфической шкалы. В результате того, что огромный фактический материал неравномерно распределён по разрезу и площади исследования, мы сочли возможным дать литологическую характеристику лишь в объёме отделов. В связи с этим ниже приводится литолого-стратиграфическая характеристика трёх отделов триасовой системы и опускается детальность ярусного строения толщ. По возможности данные от ретроспективных сведений наполняются более современными исследованиями, включающими новые аспекты генезиса триасовых толщ, которые существенно дополняют картину их формирования [3–9].

#### Нижний отдел

Нижнетриасовые отложения распространены как в пределах Прикаспийской впадины, так и во внешней прибортовой зоне. Восходящие движения на рубеже перми и триаса довольно чётко отразились в разрезе, особенно в разрезе периферийных зон. В основании нижнего триаса западной, северо-западной и северной прибортовых частей Прикаспийской впадины повсеместно прослеживается песчаная пачка, сменяющая глины татарского яруса. На восточном борту нижний триас начинается песчаниками и конгломератами, залегающими с перерывом на песчано-глинистых породах позднепермского возраста.

Нижнетриасовые породы окрашены преимущественно в пёстрые тона: голубовато- и зеленовато-серые, красновато-коричневые с голубоватыми пятнами и разводами, в то время как окраска верхнепермских пород более однородна. Среди раннетриасовых образований преобладают рыхлые породы: пески, уплотнённые до степени рыхлых песчаников, глины и алевролиты. Для верхнепермских пород характерна более высокая степень плотности. Отличия наблюдаются и в минеральном составе пород.

По всей территории Прикаспийской впадины за исключением юго-западной части нижнетриасовые отложения представлены терригенным комплексом преимущественно красноцветных пород. Литолого-петрографическая характеристика пород по разрезу имеет много общих черт. Более грубый состав осадков характерен для восточных

и юго-восточных районов, где в раннетриасовое время накапливались песчаные и грубогалечные толщи. Мощные толщи конгломератов встречены по реке Илек и на озере Индер. В основном это пестроцветные разногалечные, средне- и мелкогалечные породы, сложенные полуокатанной слабо сортированной галькой. Заполняющим материалом служит разнозернистый песчаник коричнево-бурой окраски, часто с гравийными зёрнами на глинисто-карбонатном цементе. В естественных выходах на о. Индер встречены брекчии, состоящие из мелких неокатанных обломков алевролитов, песчаников и доломитов зеленовато-серого или розовато-бурого цвета. Промежутки между обломками выполнены песчаным или глинисто-карбонатным материалом.

Плохая сортировка и слабая окатанность материала, наличие валунов, а также форма залегания грубообломочных пород свидетельствует о близости значительно расчленённых источников сноса. Состав гальки указывает на то, что в питающей провинции механической дезинтеграции подвергались не только изверженные, метаморфические, но и осадочные толщи. Бурные пролювиальные и аллювиальные потоки, стекавшие с Урала, Мугодзар и Южно-Эмбенских поднятий, переносили терригенный материал на значительные расстояния, захороня последний в виде конусов выноса.

В западных и юго-западных районах грубость материала уменьшается. Среди грубо обломочных разновидностей встречаются гравелиты серовато-бурого цвета с зеленоватым оттенком, сложенные зёрнами кварца и обломками пород, в основном алевролитов, размером от 1 до 10 мм. Хорошо окатанные зёрна сцементированы песчано-карбонатным материалом. Состав обломков, а также хорошая окатанность свидетельствует о неоднократном перемыве местных пород и связана перетолжением материала в виде руслового аллювия и аванделит на периферии морского бассейна.

Песчаники встречаются в нижне триасовых отложениях по всей территории Прикаспия, в основном полимиктовые. Так, в районе о. Индер их материал представлен различно окатанными обломками осадочных, метаморфических, интрузивных, эффузивных пород, обломками кристаллов кварца, плагиоклазов, калишпатов, чешуйками биотита и мусковита, чешуйками и агрегатными зёрнами хлорита [3]. Цвет пород голубовато-серый, светло-коричневый, желтовато-бурый и реже красно-бурый. Некоторые разности изредка содержат до 50% кварца, а содержание микроклина и ортоклаза может колебаться от 5 до 35%. Аксессуарные минералы (1–2%) представлены рудными, цирконом, гранатом, эпидотом. В районе Хобдинской впадины и о. Баскунчак отмечено присутствие полевошпатовых граувакк, в которых содержание кварца снижено (менее 40%), полевых шпатов – 15–20%, а количество обломков пород песчаной размерности превышает 25%. Среди



них в шлифах определяются метаморфические породы (кварциты, микрокварциты, микросланцы и кристаллические сланцы) и изверженные (эффузивы, гранитоиды, габброиды, серпентинизированные ультрабазиты). Источником этого материала периодически служили западные и центральные районы Урала [3, 5, 6].

Присутствие в вышеуказанных разрезах полимиктовых песчаников, а также полевошпатовых граувакк свидетельствует об относительно недалёком перемещении и быстром захоронении осадков, когда полевые шпаты (андезин и лабрадор) ещё не успели разрушиться, а кварцевые зёрна приобрести хорошую окатанность. Сохранности полевых шпатов способствовал аридный климат как бассейна седиментации, так и источников сноса, где механическая дезинтеграция пород превалировала над химическим разложением. Такими источниками сноса для восточных и юго-восточных районов служили Урал, Мугоджары и Южно-Эмбенское поднятие.

В центральных частях впадины состав пород становился более тонким с преобладанием в разрезах алевролитов и глин. Алевролиты преимущественно красно-коричневые, слабо отсортированные, часто содержат значительную примесь песчаных и глинистых частиц, равномерно распределённых в породе либо образующих скопления. По текстурным особенностям выделяются массивные и слоистые алевролиты. По плоскостям наложения отмечается обилие слюды, присыпки глинистого материала. В юго-западных районах территории встречаются аркозово-кварцевые неравномерно глинистые и песчано-алеврیتیстые, часто брекчированные разности. Количество полевых шпатов в них достигает 25–30%. Цемент глинисто-железистый, реже доломитовый. По восточной окраине впадины отмечены и более чистые аркозы, сложенные в основном полевыми шпатами, очень плохо отсортированными, неясно слоистые биотурбированные с глинисто-железисто-карбонатным цементом базального и контактового типа. Следы биотурбаций могут быть связаны с деятельностью в осадках илоедов – голотурий, определяющих наличие морских обстановок седиментации.

Таким образом, распространение петрографических разновидностей алевролитов по площади, так же как и песчаников, контролируется гидродинамическим режимом бассейна седиментации, климатом, расчленённостью, близостью, а также составом пород источников сноса.

Глины имеют широкое распространение по всей территории Прикаспия. В нижнетриасовых образованиях преобладают гидрослюдистые и гидрослюдисто-монтмориллонитовые разности. Цвет пород коричнево-бурый с мелкими зелено-серыми пятнами и разводами, сильно алеврیتیстые, комковатые или образующие скорлуповатые отдельности. Изредка наблюдаются зеркала скольжения и известковые включения.

В центральных и юго-западных районах отмечаются более отмученные зеленовато-серые и серо-голубые, реже красно-бурые глины, иногда слоистые. Алевритовых частиц в них не более 1–2%. Однако на большей части территории преобладают неравномерно алеврیتیстые глины с содержанием алевритовых частиц от 5 до 30%, представленных кварцем, полевыми шпатами, хлоритом, биотитом, мусковитом.

Для глин, отлагавшихся в центральных районах впадины в условиях бассейна со спокойным гидродинамическим режимом, характерны ориентированные текстуры. Наиболее часто встречаемые беспорядочно ориентированные микро-текстуры свойственны глинам, отлагавшимся в западных и северо-западных районах, где происходило неоднократное взмучивание приносимого тонкого и более грубого материала.

На Светлоярской площади литологический состав верхов нижнего триаса существенно изменяется. Здесь появляются прослои известняков и глин, окрашенных в серые тона. Известняки, реже доломиты, образуют среди алеврито-глинистых пород прослои толщиной 0,5–2 см, среди известняков преобладают органогенно-обломочные и глинистые разности.

В юго-западной части Прикаспийской впадины в естественных выходах горы Большое Богдо наряду с красноцветной пачкой терригенных пород к нижнетриасовым образованиям относят породы сероцветной известково-глинистой богдинской свиты. В более южных районах на Бугринской, Шаджинской, Шар-царынской и Владимирской площадях большая часть разреза сложена сероцветными породами. Преобладают глины тёмно-серые, тонко-слоистые карбонатные, с растительными остатками и прослоями известняков серых, тёмно-серых пелитоморфных (кокколитовых), глинистых. Встречаются аммониты и двустворчатые моллюски.

Широкое распространение в разрезах нижнего триаса различных площадей смешанных песчано-алеврито-глинистых пород с остатками и ходами ювенильных голотурий, заполненных кокколитовым илом подтверждает более существенное, чем считалось ранее, проникновение морских вод на всю площадь с образованием ландшафтов, периодически заливаемых морем [4].

Заканчивается разрез нижнего триаса по всей территории Прикаспийской впадины красноцветными терригенными породами. Мощность нижнетриасовых отложений достигает 2000 м, а в отдельных пунктах (Чувашинская П-19) превышает эту цифру.

### Средний отдел

Среднетриасовые отложения распространены в пределах всей Прикаспийской впадины, ограничиваясь на севере и западе бортовым уступом. Лишь южнее г. Волгограда они встречены за



бортом. На юге граница примерно совпадает с границей распространения соляной тектоники. Восточная граница распространения отложений среднего триаса менее чёткая, ввиду того, что здесь эти отложения подверглись размыву и сохранились лишь на отдельных участках [2]. Повсеместное развитие среднетриасовых отложений и значительные их мощности свидетельствуют о продолжающемся погружении Прикаспийской впадины в эту эпоху. На фоне общего погружения в это время выделяется две зоны повышенных мощностей – Шунгайская и Хобдинская, причём максимум погружения в среднетриасовую эпоху приходится на восточную часть впадины. Мощность среднего триаса, вскрытого Хобдинской скважиной ОП-1, составляет 1752 м.

По литологическому составу средний триас значительно отличается от нижнего. Если нижний отдел системы сложен преимущественно песчано-алевритно-глинистыми красноцветными породами и лишь в юго-западной части впадины в верхах разреза появляются карбонатные отложения, то средний отдел в значительной мере сложен карбонатными породами: органогенно-обломочными и глинистыми пелитомолфными известняками, реже доломитами. Терригенные породы за исключением восточных районов имеют подчинённое значение.

Известняки серые, светло – и тёмно-серые имеют весьма широкое распространение в северо-западной, юго-западной центральной и юго-восточной частях впадины. Литологическая характеристика их довольно разнообразная – от чисто хемогенных, но редко встречающихся, до более распространённых – органогенных. Значительное место занимают пелитоморфные и микрозернистые глинистые известняки, локально развиты аналогичные разности с примесью алевритового и песчаного материала.

В настоящее время нами установлено, что вся тонкодисперсная составляющая пелитоморфных и микрозернистых разностей представлена остатками кокколитофорид различной сохранности [6, 7]. Панцири кокколитофорид, как бы «смонтированные» из щитков-кокколитов, отмирая или поглощаясь другими организмами, распадаются на отдельные элементы и, накапливаясь, образуют известковые кокколитовые наноилы.

Среднетриасовая эпоха ознаменовалась выравниванием рельефа, снижением темпа накопления терригенного материала во внутриконтинентальном бассейне. Более ярко проявилось формирование кокколитовых и остракодово-кокколитовых илов. В это время предполагается преимущественное развитие спорофитных поколений «фитопланктона». Осолонение отдельных участков бассейна привело к значительной доломитизации илов, где исходные кокколитовые микро- и наноструктуры диагностируются по реликтовым признакам [7]. Микрозернистые доломитизированные разности распространены в

более погруженных в это время центральных и юго-западных районах. Доломитизация, скорее всего, является результатом диагенетического перераспределения вещества. Хемогенная садка доломитистых известняков зафиксирована нами только в районе о. Индер. Их структура отличается наличием идиоморфных кристаллов карбонатов размером от тысячных до десятых долей миллиметра [8].

Пестроцветные известняки встречены по северному борту впадины. Они окрашены гидроокислами железа, почти не содержат органического углерода, что указывает на формирование этих пород в мелководной, периодически опресняемой части бассейна. Окислительная обстановка в условиях диагенеза способствовала редукции закисных форм железа, полному разложению органики с образованием пестроцветной окраски пород. Сероцветные известняки, встречаемые на большей части территории, содержат значительное количество органики и аутигенные зёрна пирита, размером до 0,02 мм. Пирит представлен фрамбоидальными частицами, неправильными сростками и заполняет раковины остракод.

Известняки песчаные, алевритистые преобладают в разрезах северо-западных и юго-восточных районов, концентрируясь в зоне аванделъта. Терригенная примесь песчаных или алевритовых частиц составляет от 10 до 25%, представлена полукатанными и угловатыми зёрнами кварца, полевых шпатов, хлорита, эпидота, размером 0,01–1,0 мм.

Известняки органогенные имеют значительное распространение. Это светло-серые плотные или пористые и трещиноватые породы. Обломки или целые раковины остракод, пелеципод и других организмов сцементированы микрозернистым глинисто-карбонатным материалом с кокколитовой микро- и наноструктурой, содержащим редко рассеянный фрамбоидальный пирит, образованный за счёт разложения органического вещества микроводорослей. Поры и трещины заполнены диагенетическим микрозернистым реже среднекристаллическим кальцитом. Около 2% терригенной примеси представлено кварцем, плагиоклазом, хлоритом – наиболее распространённым материалом из разрушаемых метаморфических комплексов Южного Урала. Отлагались такие известняки в условиях мелководного морского бассейна, хорошо аэрируемого и прогреваемого солнцем, обильно населённого фауной остракод, пелеципод, гастропод и рыб за счёт потребления планктона и, главным образом остракодово-кокколитофорид.

Наличие в разрезе известняков, доломитов, а также их переходных разностей указывает на существование в это время бассейна с участками различной солёности. Повышенная минерализация вод могла возникать в лагунах, отшнуровывающихся от основной акватории подводными поднятиями и отмелями. Такие обстановки более всего согласуются с активизацией солянокуполь-



ной тектоники. Вполне закономерным было образование хемогенных доломитистых известняков в районе надкупольного солёного о. Индер, где калийные соли до сих пор оказывают влияние на ход диагенеза, эпигенеза, гипергенеза [3].

Значительное место в формировании средне-триасовых толщ принадлежит глинам серым, зеленовато- и буровато-серым. В отличие от нижне-триасовых они более карбонатны, участками доломитизированы. Глинистый материал представлен в основном монтмориллонитом и гидрослюдой, отвечая щелочным обстановкам седиментации. В некоторых глинах встречены сферолиты радиально-лучистого сидерита. В глинисто-карбонатных толщах часто встречаются алевролитовые и песчаные прослои, указывая на периодически усиливающийся приток обломочного материала в бассейн седиментации. Подтверждением этого предположения могут служить описанные в северо-западных районах аркозовые песчаники, а также граувакково-кварцевые алевролиты, сложенные на 25% обломками местных пород. Их источником могли служить острова, сложенные раннетриасовыми образованиями.

В то время как на значительной территории северо-западной и центральной частей впадины происходило накопление органогенно-обломочных и карбонатно-глинистых нанопланктогенных образований, в юго-восточной части отлагались в основном глины тёмно-серые слоистые с прослоями песков и песчаников с многочисленными остатками остракод и харофитов. Полное исчезновение из разреза известняков, вероятно, связано с опреснёностью этого участка бассейна, где нанопланктон наверняка имел распространение, но не мог захорониться в связи с явлениями декарбонатизации осадка при обилии ограниченного вещества.

В восточной части Прикаспийской впадины (Хобдинская ОП-1, Кусан-Кудукская П-35) средний триас представлен в основном терригенными породами с редкими маломощными прослоями известняков-ракушечников в верхней части разреза. Это толща аргиллитов и глин с прослоями песков, песчаников, алевролитов и карбонатных пород. Аргиллиты бурого, красно-бурого цвета, с редкими прослоями глин, обогащённых органикой. Пески и песчаники мелко- и средне-зернистые светло-серые полимиктовые со значительной примесью глинисто-алевролитового материала.

Изучение геологического строения разрезов, комплексов фауны и флоры [1, 2, 6] позволило наметить два этапа развития бассейна в средне-триасовую эпоху. Первый этап, охватывающий время накопления преимущественно терригенных пород, соответствует начальной стадии развития морской трансгрессии. Второй – времени накопления карбонатных отложений. Увеличение в разрезе роли известняков, их более широкое распространение по территории позволяют считать, что море занимало обширное пространство рассматриваемого региона.

## Верхний отдел

Верхнетриасовые отложения развиты в центральной и восточной частях Прикаспийской впадины. В окраинных участках они частично или полностью размыты. Наиболее полный разрез (1050 м) верхнего отдела вскрыт в восточной части впадины скважинами Хобдинской ОП-1 и Кусан-Кудукской П-35. Граница между средне- и верхне-триасовыми образованиями проводится условно в основании песчаной пачки, сложенной песками и глинистыми песчаниками светло-серого и серого цвета, мелко- и среднезернистыми. Представлен верхний отдел мощной толщей чередующихся между собой терригенных пород: песчаников, глин и алевролитов с редкими маломощными прослоями известняков в нижней его части. Песчаники преимущественно окрашены в серые и зелёно-серые тона. По составу преобладают кварцевые разности, мелко- и среднезернистые, иногда с гравийными зёрнами.

Терригенный материал отсортирован слабо, нередко отмечается чётко выраженная, тонкая косая слоистость, обусловленная различием гранулометрического состава. По плоскостям наложения наблюдается обилие обуглившихся растительных остатков (ОРО). Встречаются граувакково-кварцевые песчаники, сложенные слабо отсортированными обломками кварца, кварцитов и микрокварцитов (более 50%) микросланцев и кристаллических сланцев, обломками кремнистых пород (более 25%), интенсивно выветрелыми обломками эффузивов и метаморфических пород. Полевые шпаты встречаются в полуразрушенном состоянии. Зёрна, почти полностью замещённые глинистым веществом, выделены нами в группу фрагментов кор выветривания (ФКВ). Акцессорные минералы представлены единичными зёрнами эпидота и магнетита.

Алевролиты олигомиктовые кварцевые серые и тёмно-серые, иногда зеленоватые. Преобладают слабоглинистые и песчаные разности с отчётливой слоистостью, которая подчёркивается распределением ОРО. Пелитовая составляющая в алевролитах представлена фрагментами кор выветривания. Причиной появления в составе осадков верхнегнетриаса Прикаспийской впадины такого материала явилось их широкое распространение на источниках сноса уже в среднетриасовое время. С историко-геологических позиций коры среднего триаса в начале позднего триаса стали активно размываться, формируя осадочный чехол.

Глины чаще всего имеют шоколадно-коричневую окраску, они алевритистые, песчаные с неясно выраженной слоистостью, что может быть связано с присутствием недостаточно дезинтегрированного глинистого вещества. Наряду с гидрослюдой и монтмориллонитом в них отмечается значительная примесь каолинита. В северо-западной и юго-западной частях Прикаспийской впадины сохранились от размыва лишь нижние части верх-



нетриасового разреза, представленного толщей песков, песчаников, алевролитов, пелитолитов и глин, окрашенных в серые тона, с незначительными прослоями красновато-коричневых пород. Неполная мощность верхнего триаса колеблется от нескольких метров до 283 м, возрастая к центральной части впадины.

В западных районах разрез верхнего триаса представлен глинами и пелитолитами с подчинёнными прослоями мелкозернистых песчаников и алевролитов. Глины и пелитолиты окрашены в серые и зеленовато-серые цвета. Они неравномерно алевроитистые, жирные слоистые с многочисленными ОРО, включающими пирит. В нижней части толщи обнаружены остракоды поздне триасового возраста. В Шунгайской скважине ОП-31 в нижней глинистой части разреза встречаются маломощные прослои известняков. Неполная мощность верхнего триаса здесь составляет 132 м.

Литологический состав терригенного комплекса верхнего триаса, формы залегания и мощности пород свидетельствуют о значительных изменениях в условиях осадконакопления по сравнению с отложениями нижнетриасового терригенного комплекса. Поздний триас характеризовался усилением денудации вышедших на поверхность положительных форм рельефа с развитой на них корой выветривания. Мелководные опреснённые водоёмы в это время заполнялись ФКВ, которые ещё не утратили своих существенно-структурных особенностей. В составе фрагментов кор выветривания определены агрегаты каолинита с гидрослюдой и монтмориллонитом, не утратившие реликтовых структур осадочных, метаморфических и изверженных пород. При визуальном изучении породы верхнего триаса часто определяются как серые глины, которые на основании сравнения тончайших признаков оказываются весьма неоднородными. Их мезоструктуры имеют обломочную абиогенную природу. Микро- и наноструктуры весьма разнообразны, но также не имеют следов переработки какими-либо организмами [9].

Присутствие мономинеральных кварцевых песков и песчаников, отсутствие аркозовых песчаников и алевролитов указывают на значительную переработку материала в питающих провинциях, когда полевые шпаты, хлориты и другие неустойчивые минералы разрушались, а в формировании пород принял участие преимущественно устойчивый комплекс минералов. Отсутствие мощных конгломератовых толщ говорит о незначительной изрезанности источников сноса и слабой гидродинамике рек. Свидетельством того, что в пределах пенепленизированных источников сноса стали играть существенную роль химические процессы, является наличие значительной примеси каолинита в составе глин и пелитолитов [10]. В свою очередь процессы, выветривания могли дойти до стадии каолинизации лишь в условиях гумидного климата. О значительной гумидизации климата

свидетельствует также большое содержание в породах обуглившихся растительных остатков и прослоек угля. Все эти факты позволяют уверенно относить образования верхнего триаса к аллювиально – озёрно-болотным фациям палеоландшафтов низменной равнины с незначительным участием морских обстановок.

Итак, в течение всего триасового периода отмечается существенное различие в истории развития западной и восточной частей Прикаспийской впадины, запечатлённое в изменениях мощностей и литологического состава триасовых отложений и позволяющее установить трёхчленное строение по-видимому самого мощного стратона юго-востока Восточно Европейской платформы.

### Библиографический список

1. *Липатова В. В.* Палеогеография и история развития Прикаспийской впадины в триасовый период: новые материалы по истории развития и нефтегазоносности Прикаспийской впадины // Тр. Всесоюз. науч.-исслед. геолог. нефт. ин-та. 1970. Вып. 101. С. 97–113.
2. *Липатова В. В.* 1982. Триас Прикаспийской впадины и перспективы его нефтегазоносности. М., 1982. 156 с. (Тр. Всерос. нефт. науч.-исслед. геологоразвед. ин-та; вып. 236).
3. *Яночкина З. А., Букина Т. Ф.* Об аутигенных калиевых полевых шпатах в триасовых отложениях района озера Индер // *Вопр. геол. Южного Урала и Поволжья : материалы по петрографии, минералогии, геохимии.* Саратов, 1985. С. 46–49.
4. *Букина Т. Ф., Яночкина З. А., Ахлестина Е. Ф., Иванов А. В.* О роли биоса в тонкодисперсном карбонатонакоплении мезо-кайнозоя юго-востока Восточно-Европейской платформы // *Исследования по палеонтологии и биостратиграфии древних континентальных отложений.* СГУ. Геологический ф-т. Памяти профессора В. Г. Очева / под ред. М. А. Шишкина, В. П. Твердохлебова. Саратов, 2009. С. 81–97.
5. *Яночкина З. А., Липатова В. В.* Палеогеография и условия осадконакопления Каспийского бассейна седиментации в триасовый период. Саратов, 1991. Деп. ВИНТИ 25.01.1991. № 505-В91. 68 с.
6. *Яночкина З. А., Гуцаки В. А., Иванов А. В., Букина Т. Ф., Ахлестина Е. Ф., Бондаренко Е. Ф., Московский Г. А.* Литолого-фациальные особенности отложений позднего фанерозоя юго-востока Восточно-Европейской платформы. Саратов, 2000. 114 с. (Тр. НИИ геологии СГУ. Нов. сер.; Т. 5).
7. *Букина Т. Ф., Яночкина З. А., Ахлестина Е. Ф.* Кокколитофориды как один из существенных элементов биосферы позднего фанерозоя // *Избр. тр. Всерос. науч. конф.* Саратов, 1999. С. 63–78.
8. *Яночкина З. А., Суетнова Н. А., Букина Т. Ф., Тюленев В. П.* К методике изучения пелитоморфного кальцита с помощью ПЭМ // *Использование минералогических методов исследования при прогнозе, поисках и оценке месторождений полезных ископаемых : тез. докл. I республиканского совещания.* Алма-Ата, 1981. С. 133–134.



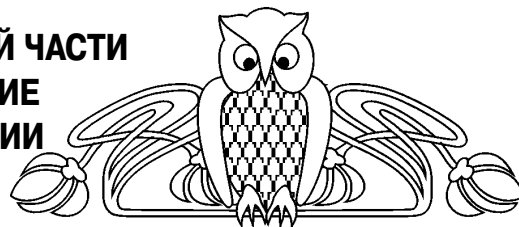


9. Букина Т. Ф., Яночкина З. А., Коробов А. Д. Изменение глинистого вещества в позднепермских и юрских бассейнах Прикаспийского региона // Глины, глинистые минералы и слоистые материалы : материалы I Рос. рабочего совещания «Глины глинистые минералы и слоистые материалы», посвященного 90-летию Б. Б. Звягина. М., 2011. С. 60–61.

10. Гуцаки В. А., Гудошников В. В. История формирования и минералогический состав кор выветривания Орского Урала и Зауралья // Кобы выветривания Урала. Саратов, 1969.,

УДК 561.26 + 551.736 + 553.98(470.45)

## ВОДРОСЛИ *TASMANITES NEWTON*, 1875 НИЖНЕПЕРМСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ СТРАТИГРАФИИ И НЕФТЯНОЙ ГЕОЛОГИИ



Е. Н. Здобнова

ООО «ЛУКОЙЛ-ВолгоградНИПИморнефть», Волгоград  
E-mail: volgapalyn@bk.ru

Водоросли *Tasmanites Newton* предложены в качестве индикаторов катагенетической зрелости  $POV$  в морских осадках. На основе закономерного изменения оболочек их цист с ростом температуры рассматриваются цветовая шкала определения палеотемператур, степени преобразованности пород и ее применение.

**Ключевые слова:** водоросли, катагенез, индикаторы, шкала, палинокомплекс, зональность.

### *Alga Tasmanites Newton*, 1875 in Lower Permian Sediments within the Western Part of the Pre Caspian Depression and their Role in Stratigraphy and Geology Oil and Gas

Е. Н. Zdobnova

*Tasmanites Newton* green algae are suggested as marine sediments scattered organic matter catagenetic maturity indicators. Indicator palynological scale of rock maturation determination and its application were are regarded based on regular variation of cyst membrane with the increase of temperature.

**Key words:** algae, catagenetic, indicators, colour scale, palynosim-plex, zoning.

**Введение.** В 1875 году в уникальной пермской толще белых углей в Тасмании Ньютоном обнаружены микрофоссилии, названные *Tasmanites punctatus*, или Австралийским белым углем [1].

Полное морфологическое сходство и родство ископаемых планктонных водорослей *Tasmanites Newton* разных геологических эпох и современных одноклеточных водорослей *Pachysphaera* и *Halosphaera* доказано в конце 70-х годов на основании сходства их цист [2]. После 1980 года семейство *Tasmanitaceae*, к которому отнесен род *Tasmanites Newton*, получило самостоятельный систематический статус. Семейство вошло в порядок *Pterospermatales*, включенный в отдел *Prasinophyta* [3, 4].

Тасманацеи были встречены в рифее Эстонии, лудлове Англии и Алжирской Сахары, верхнем девоне США, Канады, Англии, Север-

ной Африки, Южной Америки, лейасе, альбе, тоаре Франции [5]. В России многие исследователи (А. А. Любер, Г. Д. Ефремова, Г. В. Дюпина, Н. Н. Подгайная и др.) отмечали эти микрофоссилии в отложениях девона и нижней перми Тимано-Печорской провинции, верхнего карбона и нижней перми Прикаспия, Среднего Урала, Астраханского Поволжья и Калмыкии, нижней перми Западного Примуроджарья, Пермского Прикамья и Актюбинского Приуралья.

**Материал.** Материалом послужили богатые палинокомплексы с преобладанием *Tasmanitaceae*, выделенные из разнофациальных нижнепермских отложений западной и юго-восточной частей Прикаспия. Среди празинофитов встречаются гладкие и сетчатые (сотовидные), смятые складками и причудливо частично закрученные оболочки: *Tasmanites medius* Eis. (приложение, фототаблица I, фиг. 1, 2), *T. kaljoi* Tim., *T. martinsonii* Eis., *T. morai* Sommer, *T. tardus* Eis., *T. compactus* (Lub.) Zdob. in litt., *T. robustus* (Lub.) Zdob. in litt., *T. spinireticulatus* (Abr. & Mar.) Zdob. in litt., *T. caspius* Zdob. in litt. *T. polymorphus* Zdob. in litt.

**Морфологические и экологические особенности.** Тасманацеи – планктонные организмы. В современных условиях они заселяют в морях и океанах тропиков фотическую зону – слой воды глубиной до 100 м.

Жизненный цикл тасманацей обеспечивается двумя стадиями: подвижной жгутиковой и неподвижной цистовой. Образование зародышей цисты и инцистирование являются неотъемлемой частью репродуктивного цикла.

Объектами исследований палинологов являются водоросли неподвижной цистовой стадии. Цисты рода *Tasmanites Newton* имеют характерную сфероидальную или дискоидальную толстую оболочку (гладкую или смятую в складки), пронизанную порами-канальцами, пиллом и оторочку по внешнему краю.



Водоросли обладают высокой степенью адаптивности за счет миксотрофного типа питания, эвритермности, эвригалинности, инцистирования и способности к вертикальной миграции [5, 6]. Это объясняет то, что именно тасманацей часто называют первопроходцами в освоении необжитых морских пространств. При наступлении комфортных для них условий (температуры, солености, большого количества пищевых ресурсов, главным образом азота, фосфора и, возможно, наличии радиоактивных элементов) быстро растет численность их популяции. Повышенная биопродуктивность (цветение воды) празиофитов в современных условиях наблюдается на границе река–море, например, после ливневого сброса рек.

Они являются обитателями прибрежно-морских и относительно глубоководных зон морского бассейна. Благодаря эвригалинности тасманацей могут существовать как в опресненных водах, так и в замкнутых морских бассейнах, соленость которых превышает нормально морские (более 35%).

Автор разделяет мнение исследователей [2, 6, 7], что некоторые виды, идентифицированные как самостоятельные таксоны, следует рассматривать:

- разными стадиями жизненного цикла одной особи рода *Tasmanites*;
- примерами регенерации прижизненных повреждений цист;
- разными формами сохранности.

#### Стадии жизненного цикла одной особи *Tasmanites* Newton

Празиофиты подвижной жгутиковой стадии жизненного цикла переходят в неподвижную цистовую стадию. Цисты молодых незрелых водорослей имеют тонкие стенки, которые в процессе развития особи утолщаются. По мере увеличения толщины стенки цист в их оболочках формируются каналы. В критических условиях они заполняются водой, и цисты опускаются на дно [5]. При наступлении благоприятных условий воздух в каналах вытесняет воду, и цисты возвращаются в фотический зону, где продуцируют вегетативные жгутиковые клетки.

#### Примеры регенерации прижизненных повреждений цист

Водоросли обладают способностью к заживлению тканей с прижизненными повреждениями, т. е. к регенерации за счет выделения протопластового вещества, выделяемого стенками цист. При повреждениях края пиллома происходит наращивание на нем ткани в виде трубки, обеспечивая выход живого организма. Эти процессы вторичного образования ткани мало изучены, как и процесс, при котором пиллом образует крышку и при необходимости выталкивает ее.

#### Разные формы сохранности

При палинологическом изучении отмечается различная степень и форма сохранности. Сохранность зависит от многих причин, в том числе условий осадконакопления и, конечно, зрелости

цист: лучше всего сохраняются недозрелые и нерастреснувшие цисты. Эти планктонные организмы захороняются чаще всего на месте или переносятся водными потоками на небольшие расстояния, сохраняя оболочку цисты. В процессе фоссилизации поверхность цист часто подвергается разъеданию микробами, что приводит к изменению и разрушению структурных элементов оболочек цист. В области каналов и пор могут появиться дырчатые образования [5], звездчатая структура экзины [8].

Фоссилизированные цисты тасманацей, как и микрофитофоссилии, при накоплении мощных толщ осадочных пород подвержены процессам катагенеза, одной из составляющих которого является температура.

**Индикаторы палеотемператур.** Первые попытки использовать свойство их оболочек, состоящих из спорополленина и близких к ним биополимеров, изменять свой цвет под действием теплового поля были предприняты в 60-е годы. Так, Гутьяром [9] был предложен оптический метод определения уровня катагенеза органического вещества (ОВ) по их цветовой гамме. В дальнейшем этот метод получил развитие в работах зарубежных авторов Correia [10] и Staplin [11], а также российских Л. В. Ровниной [12].

Совместно с углепетрографами Л. В. Ровниной была разработана семибальная [12], а позднее и восьмибальная [13] цветовая шкала микрофитофоссилий, привязанная к значениям отражательной способности витринита и стадиями катагенеза.

Ранее задача по определению стадий катагенеза и палеотемператур ОВ решалась преимущественно с помощью метода, основанного на отражательной способности витринита (ОСВ), реализованной И. И. Амосовым [14] в виде универсальной шкалы катагенеза, впоследствии усовершенствованной [15].

Метод отражательной способности витринита является основным для изучения катагенетической преобразованности континентальных фаций, представленных углефицированным веществом гумусового типа. Для морских фаций с характерным сапропелевым типом органического вещества отмечается редкая встречаемость витринита (или полное его отсутствие в отложениях додевонского возраста), что значительно осложняет решение поставленной задачи. В этой связи для ее решения используются также и другие методы: флюоресценция споринита (JF□), лейптинита и спорополленина микрофитофоссилий, индекс окраски конодонтов, распространенных от кембрия до перми, спор и пыльцы, встречающихся с девона до настоящего времени. При этом все они имеют ряд специфических особенностей, ограничивающих их использование.

В данной работе автор представляет исследование, являющееся продолжением изучения тасманацей в области установления палеотем-



ператур и стадий катагенеза палинологическим методом [16, 17], на основе новой цветовой шкалы цист водорослей (тасманацей) под действием температур.

Особенности морфологического строения цист водорослей, стратиграфического распространения и палеоэкологии очень удобны для использования их в качестве индикаторов палеотемператур, являющихся основной составляющей катагенеза [18]. Они могут быть использованы для определения палеотемператур и стадий катагенеза органического вещества для решения задач стратиграфии и нефтяной геологии палинологическим методом.

Из всего многообразия палинологических групп в качестве объекта исследования для определения катагенетической преобразованности выбраны водоросли *Tasmanitaceae*. Перед другими палинологическими группами они имеют ряд преимуществ: широкое стратиграфическое распространение – от архея доныне, простую морфологию, преимущественно крупные размеры и толщину цист. Они являются показателями морских условий, характеризуют сапропелевый тип органического вещества.

Массовые скопления этих водорослей приурочены к верхнесилурийским, девонским, каменноугольным, пермским и верхнеюрско-нижнемеловым прибрежно-морским отложениям и имеют определенный и соответствующий только им химический состав (молекулярная формула  $C_{90}H_{121}-134O_{11}-17$ ), который указывает на них как на возможные источники углеводородов.

Тасманацей имеют способность изменять свой цвет, как и все микрофитофоссилии, под воздействием теплового поля. Видимое изменение цвета – это результат процесса карбонизации, при котором происходит уплотнение углеводородных структур под воздействием температур. Степень теплового воздействия пропорциональна степени карбонизации углеводородных полимеров и интенсивности их цветовой гаммы: чем выше температура воздействия, тем выше степень интенсивности цвета, приобретенного цистами.

Это свойство использовано С. Б. Остроуховым при разработке эталонных образцов с тасманацеями, полученных при воздействии температур от 80 до 220°C (80, 90, 100, 120, 135, 145, 155, 165, 180, 190, 200 и 220°C) на непреобразованные (60°C) силурийские *Tasmanites* Newton. Зависимость цвета цист от температуры, выявленная в лабораторных условиях на основе изучения силурийских водорослей *Tasmanites medius* Eis., была скорректирована с другими геохимическими исследованиями ОВ ( $T_{max}$  (Rock-Eval)), характеризующие градации катагенеза в разрезах силура.

Взаимосвязь цвета и температуры легла в основу цветовой шкалы [16, 17], которая усовершенствована и адаптирована к палинологическим исследованиям. Для этого в каждом эталонном образце определен усредненный цвет-таксон

*Tasmanites medius* Eis., соответствующий определенной температуре. Полученные цвет-таксоны помещены над соответствующими им эталонными температурными отметками. Близкие по оттенкам усредненные цвет-таксоны были сгруппированы в цвет-индексы. Построенная таким образом цветовая шкала с 10 цвето-оттеночными индексами, разработанными для *Tasmanites medius* Eis (табл. 1) с шагом 20–30°C, позволила определить палеотемпературы в интервале от 80 до 220°C. Индексированные цвета цист, как следует из табл. 1, соответствуют значениям температур в 80, 90, 135, 155, 180, 190, 200 и 220°C. Изменение цвета от желтого до черного с рядом характерных переходных оттенков происходит при воздействии палеотемператур от 80 до 220°C. При дальнейшем увеличении температуры они становятся пепельно-серыми, истончаются до полупрозрачности и в конечном счете разрушаются.

В цветовой шкале выделяется три основные зоны: в первой зоне, соответствующей зоне протодиagenеза, цисты остаются желтыми, в последней – зоне апокатагенеза – стабильно черными и пепельно-серыми. Располагающаяся между ними средняя зона с температурой 90–200°C характеризует зону мезокатагенеза и частично зону апокатагенеза, которые соответствуют основным фазам нефтеобразования и частично газообразования.

Изучение изменения цвета цист тасманацей под действием палеотемператур проведено на большом количестве образцов с богатыми палинокомплексами с *Tasmanitaceae* из нижнепермских отложений Прикаспийской впадины: западной ее части – Волгоградского Заволжья и юго-восточной. Палинологические данные сопоставлены (табл. 2) с определениями палеотемператур и степени преобразованности ОВ по плотности пород [18] и результатами отражательной способности витринита (ОСВ), соотношенными с основными градациями по шкале катагенеза [14, 15].

При палинологическом изучении замечено, что именно толщина (до 8–12 мк) микрофоссилий обеспечивает равномерный постепенный рост интенсивности цвета. Тонкие водоросли и гидрофильные споры при действии теплового поля Земли дают более резкие переходы цветовой гаммы. В связи с этим цветовой спектр тонких микрофоссилий несколько беднее.

**Применение палеотемператур и степени катаненетической преобразованности тасманацей.** Катагенетическая преобразованность, являющаяся «краеугольным камнем» нефтегазовой геологии, изучена автором палинологически по цистам водорослей из нижней перми Волгоградского Заволжья [17]. Установление палеотемператур и степени катагенеза в отложениях морского генезиса, производилось по цветовой шкале *Tasmanites*.

На основе распределения установленных палеотемператур в разрезе нижнепермских подсолевых отложений Волгоградского Заволжья



Таблица 1

Определение степени катагенеза органического вещества и палеотемператур по изменению цвета тасманцев

Скважина	Отражательная способность витринита (ОСВ)		Цветовая шкала		Объемная плотность пород			
	Интервал глубин (глубина), м	R°, %	Интервал глубин (глубина), м	Палео-температура, (T <sup>p</sup> , °C)	Интервал глубин (глубина), м	Средняя объемная плотность пород, г/см <sub>3</sub>	R°, %	Палео-температура, (T <sup>p</sup> , °C)
2 Ракушечная	1381,42	0,41	1381,42	80	1383	2,17	0,43	75
6 Ракушечная	1280,23	1,14	1280,23	80	1292	2,15	0,43*	70
1 Центральная	–	–	2416,5	80	2416,5	2,15	0,43*	78
	–	–	3101	120	3104	2,35	0,59*	117
72 Бешкульская	1344–1349	0,46*	1344–1349	80	–	–	–	–
1 Ялама-Самур	2140,6	0,5	1353,67	90	–	–	–	–
1 Тюб-Караган	1600	0,49	1503	90	1520	2,33	0,55*	100
	–	–	2010	200	2497	2,65	1,86*	250
265 Лободинская	5911–5918	0,83	5911–5918	160	–	–	–	–
1 Упрямовская	6072–6080	1,02*	6072–6080	180	–	–	–	–
265 Лободинская	5644–5650	1,3*	4740–4745	180	–	–	–	–
35 Тенгизская	5162–5168	0,86*	5162–5168	180	–	–	–	–
1 Ахтубинская	6202–6213	1,0*	6202–6213	190	–	–	–	–
	6478–6486	1,0*	6478–6486	195	–	–	–	–

\* R° ср, %



Таблица 2

Сопоставление палеотемператур, восстановленных по ОСВ, плотности пород и цветовой шкале тасманцев

Нефтегазонасыщенность	Стадия	R <sup>o</sup> , %	R <sup>o</sup> , %	Палеотемпература, °C	Стадия и подстадия литогенеза			R <sup>o</sup> , %	Фазы нефтегазонасыщенности	Шкала градаций цвета осадочных образований (по С. Г. Неручеву, Н. Б. Вассовичу, Н. В. Лопатину и др., 1976 г.)			Шкала градаций цвета микрофоссилий (по Л. В. Ровниной, 1994, 2005 гг.)			Шкала градаций цвета <i>Tasmanites</i> (по Е. Н. Здобновой, 2011 г., настоящая работа)		
					Стадия и подстадия литогенеза	Градации	R <sup>o</sup> , %			Индекс изменения цвета МКФ	Цвет МКФ	Цвет-индекс <i>Tasmanites</i>	Цвет <i>Tasmanites</i>	Палеотемпература, T <sub>ис</sub> °C				
Не содержит залежей нефти	1	58	0,26	50	Диаленез (ДК)	ДГ	0,25			1	Бесцветный с зеленоватым оттенком	1	Бесцветный с зеленоватым оттенком	50				
	2	63	0,33		П отогенез (ПК)	ПК <sub>1</sub>	0,3								2	Светло-желтый с зеленоватым оттенком	2	Желтый и желто-оранжевый с красноватым оттенком
Основные и небольшие промышленные залежи	3	70	0,45	90			ПК <sub>2</sub>	0,4	4	Темно-желтый с коричневым оттенком	3	Оранжевый	90					
			0,5		ПК <sub>3</sub>		0,5	4						4	4	4	Светло-коричневый	120
	II		82	0,83	155	Мезогенез (МК)	МК <sub>1</sub>	0,65	5	Светло-коричневый до коричневого	5	Рыжевато-светло-коричневый	135					
							МК <sub>2</sub>	0,85						6	6	6	Средне-коричневый	155
	III		90	1,12	190		МК <sub>3</sub>	1,15	7	Темно-коричневый	7	От красновато-темно-коричневый	180					
							МК <sub>4</sub>	1,55						8	8	8	Красно-черный	200
	VI		115	2,45	235	Алюогенез (АК)	МК <sub>5</sub>	2,0	9	Черный	9	Стабильно черный	220					
							МК <sub>6</sub>	2,50						10	10	10	Пепельно-черный	>220



уточнены инситные палинокомплексы (на основе полного анализа микрофитофоссилий), определены толщи переотложения по тасманацеям (с привлечением микрофитофоссилий) и палеотемпературные вертикальная и латеральная зональности.

Детальное палинологическое изучение состава и цвета спор, пыльцы и водорослей *Tasmanites* позволило выявить по цветовой шкале тасманацей и цветовой шкале, привязанной к грациям катагенеза [12, 13], переотложенные микрофитофоссилии, отличающиеся более темной окраской экины одного и того же таксона по сравнению с инситными наиболее светлыми (ключевыми) таксонами *in situ*. (Инситность для микрофоссилий и палинокомплексов – синхронность вмещающим отложениям.)

Отделение инситных спор и пыльцы от переотложенных дало возможность выявить палинокомплексы *in situ*, а подсолевою часть разрезов расчленил на каменноугольные и нижнепермские отложения. В нижнем отделе пермской системы удалось выделить по палинокомплексам ассельские (шиханские), бурцевско-иргинские и саргинские отложения, характерные для Ново-Никольского пересечения. В остальных разрезах на изученной территории (1 Молчановской, 265 Лободинской, 1 и 3 Упрямовских) нижний отдел представлен артинским ярусом в объеме саргинского горизонта по установленному одноименному палинокомплексу.

При изучении встречены также слои с разноцветными тасманацеями, которые отличаются разной степенью преобразованности в одном (или каждом из серии) образце слоя. Обычно такие спектры характерны для слоев вблизи границ размыва, часто приурочены к кровле или подошве стратонтов. Это свидетельствует об огромном поступлении вместе с терригенным материалом разной степени преобразованности органического вещества.

В изученных нижнепермских подсолевых отложениях, вскрытых бурением, постепенный рост палеотемператур сверху вниз, выраженный в постепенном цветовом изменении интенсивности цвета от желтого до оттенков коричневого, подтвердил стратиграфически наиболее полные разрезы.

В других разрезах зафиксированы палеотемпературные скачки, установленные по резкому изменению цвета тасманацей, подтверждены стратиграфическим несогласием. Резкие изменения (непоследовательная смена цветов в ряду цветов-индексов по шкале тасманацей) в разрезе соответствуют скачкам палеотемператур, характеризующих катагенетические несогласия. Они подтверждены крупными стратиграфическими несогласиями и могут быть выявлены и другими методами. Например, методом отражательной способности витринита (ОСВ) для девонско-каменноугольных отложений, вскрытых многочисленными скважинами, не только выявлены

катагенетические несогласия, но и рассчитаны мощности эрозионного среза по всему периметру юго-восточного борта Прикаспийской впадины (от 0,5 до 3,5 км) [19].

В разрезах палеозойских отложений Волгоградского Заволжья палеотемпературные скачки определены по резкому изменению цвета цист тасманацей на границе нижнепермских и каменноугольных отложений. Максимальный скачок палеотемператур 40°C зафиксирован в скважине 1 Упрямовская на границе саргинских (артинских) и подольских (московских) отложений. Мощность эрозионного среза по расчетному геотермическому градиенту в отложениях данной скважины составляет 1,6 км [17].

Латеральная зональность распределения палеотемператур в изученных отложениях, отражающая дифференциацию тепловых потоков, получена для отложений саргинского горизонта. Фактический материал позволил установить несколько зон, параллельных борту Прикаспийской впадины. Наименьшему преобразованию подверглась зона, примыкающая к бортовому уступу – зона низких палеотемператур (80–90°C). Ее сменяет более преобразованная II зона – зона, характеризующая палеотемпературы (120–155°C), соответствующие основной зоне нефтеобразования. И наиболее высокая преобразованность с палеотемпературой (180–220°C) установлена в самой восточной – III зоне, соответствующей по преобразованности основной зоне газообразования.

**Выводы.** Тасманацей приурочены как к прибрежно-морским, опресненным участкам морского бассейна, так и относительно глубоководным.

Изучение степени преобразованности водорослей *Tasmanites* Newton и определение палеотемператур в разрезах позволяют расширить возможности палинологического метода, который успешно применяется для решения задач стратиграфии и нефтяной геологии:

- уточнить инситность палинокомплексов (вместе с микрофитофоссилиями) и проводить стратиграфическое расчленение разрезов;
- установить толщину переотложения;
- подтвердить перерывы в осадконакоплении, обусловленные размывами;
- рассчитать геотермический градиент и мощность эрозионного среза.
- выделить вертикальную (палеотермоглубинную) и латеральную
- зональность палеопрогрева в изученных отложениях.

#### Библиографический список

1. Newton W. Z. On «Tasmanites» and Australian «White coal» // Geol. Mag. 1875. Vol. 2, № 8. P. 337–342.
2. Taugourdeau-Lantz J. Les Tasmanacees, kystes de Prasinophyceae fossiles / 2nd International Symposium in Fossil Algae // Bull. Cent. Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine. 1979. Vol. 3, № 2. P. 833–841.



3. *Tappan H.* The Paleobiology of Plant Protist. San Francisco. 1980. 1028 p.

4. *Guy-Ohlson D.* Green and blue-green Algae. Chapter 7B – Prasinophyceae algae. In: Jansonius, J. and McGregor, D. C. editors. (ed.). Palynology: principles and applications. USA; Dallas, 1996. P. 181–189.

5. *Ефремова Г. Д.* Верхнепалеозойские прасинофиты востока и юго-востока Русской плиты // Стратиграфия и палеонтология палеозоя Прикаспийской впадины. М., 1987. С. 93–102.

6. *Eisenack A.* Mitteilungen zur Biologie der Hystrichosphaeren und über neue Arten // Neues Jahrbuch für Geologie und Paleontologie Abhandlungen. 1963. Bd. 118. S. 207–216.

7. *Eisenack A.* *Tasmanites Newton* 1875 und *Leiosphaeridia* n. g. als Gattungen der Hystrichosphaeridea // Paleontographica, Stuttgart. 1958. Abt. A. Bd. 110. S. 1–19.

8. *Абрамова С. А. Марченко О. Ф.* Результаты палинологического изучения соляных отложений кунгурского яруса Верхнекамского месторождения // Тр. ВНИИГ. 1964. Вып. XLV. С. 75–137.

9. *Gutjahr C. C. M.* Carbonization measurements of pollen grains and spores and their application // Leidse Geol. Mededelingen. 1966. № 38. P. 1–29.

10. *Correia A.* Contribution a la recherche de zones favorables a la genese du petrole par l'observation microscopique de la matiere organique figure // Rev. de l'Inst. Francais Petrol. 1969. № 24. P. 1417–1454.

11. *Staplin F. L.* Sedimentary organic, organic metamorphist, and oil and gas occurrence // Canadian Petrol. Geol. Bull. 1969. Vol. 17, № 1. P. 47–66.

12. *Ровнина Л. В.* РД-39-11-1142–84. Определение исходного типа и уровня катагенеза рассеянного органи-

ческого вещества палинологическим методом. ИГиРГИ. М., 1984.

13. *Ровнина Л. В.* Палинологический метод в оценке катагенеза органического вещества // Палинология : теория и практика : материалы XI Всерос. палинол. конф. М., 2005. С. 90–91.

14. *Аммосов И. И.* РД-39-9-134–79. Методическое руководство по определению палеотемператур преобразования осадочных пород в связи с их нефтегазоносностью. ИГиРГИ. М., 1979.

15. *Вассоевич Н. Б., Неручев С. Г., Лонатин Н. В.* Проблемы геологии и геохимии нефтяных и битуминозных пород / Тр. Междунар. геол. конгр. XXV сессия : докл. сов. геологов. М.: Наука, 1976. С. 47–62.

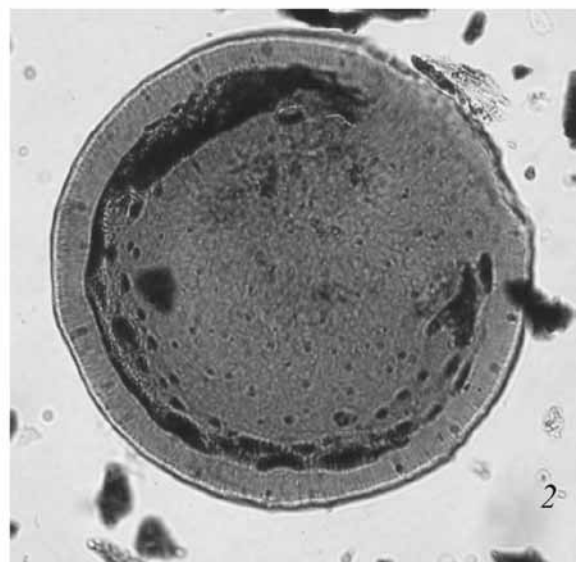
16. *Здобнова Е. Н., Остроухов С. Б.* Палинологические исследования для оценки катагенеза пород Прикаспийской впадины в комплексе геолого-геохимических исследований // Палинологические исследования для оценки катагенеза пород Прикаспийской впадины. Волгоград, 2008. Вып. 67. С. 145–151.

17. *Здобнова Е. Н.* Миоспоры и водоросли *Tasmanites* нижнепермских подсолевых отложений Волгоградского Заволжья и их значение для стратиграфии и нефтяной геологии : дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Саратов, 2009. 150 с.

18. *Степанов А. Н.* Геохимические и термодинамические критерии прогноза фазовогенетических типов углеводородных скоплений на больших глубинах (на примере западной части Терско-Каспийского прогиба : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Л., 1984. 23 с.

19. *Волкова Т. П.* Палеотермоглубинная зональность подсолевых отложений юго-восточного борта Прикаспийской впадины // Геология нефти и газа. 1989. № 5. С. 24–27.

## Приложение



Фиг. 1. *Tasmanites medius* Eisenack, экз. ООО «ЛУКОЙЛ-ВолгоградНИПИморнефть» (x500), № 1/1015. Местонахождение: Волгоградская обл., скв. 265 Лободинская, инт. гл. 5708–5721 м, обр. 10, саргинский горизонт.

Фиг. 2. *Tasmanites medius* Eisenack, экз. ООО «ЛУКОЙЛ-ВолгоградНИПИморнефть» (x500), № 2/209. Местонахождение: Волгоградская обл., скв. 2 Ракушечная, гл. 1201,49; обр. 2/30, апт.

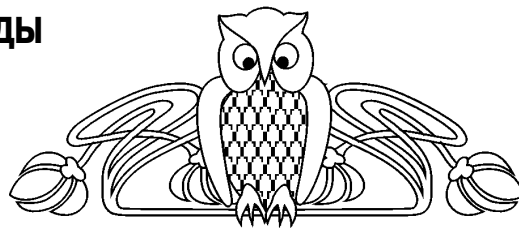


УДК (551.736.1+551.314):565.33

## КУНГУРСКАЯ ОСТРАКОДОВАЯ БИОФАЦИЯ *PARAPARCHITES* КАК КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ РЕПЕР И ПОИСКОВЫЙ ПРИЗНАК НА УГЛЕВОДОРОДЫ

Д. А. Кухтинов, П. Д. Кухтинов<sup>1</sup>

Саратовский государственный университет,  
кафедра исторической геологии и палеонтологии  
E-mail: sheglov@nvnigg.san.ru  
<sup>1</sup>ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Центр ПХГ, Московская область  
E-mail:pavelkukhtinov@yandex.ru



В разрезе кунгурского яруса нижней перми Приуралья, Прикаспийской впадины и северной части акватории Каспийского моря существует уровень, который характеризуется всплывкой видообразования остракод рода *Paraparchites*. Этот уровень рассматривается как биофация *Paraparchites*, занимающая определенное место в латеральном ряду обстановок осадконакопления. В пределах северной бортовой зоны Прикаспийской впадины с ней связаны промышленные скопления углеводородов. Учитывая широкое географическое распространение и приуроченность к определенному стратиграфическому интервалу, этот уровень рассматривается в качестве межрегионального корреляционного репера.

**Ключевые слова:** нижняя пермь, кунгурский ярус, остракодовая биофация, биостратиграфический репер.

### **Kungurian Ostracod Biofacies *Paraparchites* as a Biostratigraphic Correlation Reference and Hydrocarbons Exploratory Search Sign.**

D. A. Kukhtinov, P. D. Kukhtinov

A layer characterized by the ostracod genus *Paraparchites* species formation outbreak exists in the Lower Permian Kungurian stage section of the Urals, Precaspian basin and northern part of the Caspian Sea. This layer is regarded as a *Paraparchites* biofacies, which has a certain place in the lateral series of sedimentation environments. Commercial hydrocarbon accumulations are associated with it within the northern flatbed zone of the Precaspian basin. Given its wide geographic distribution and association with a specific stratigraphic interval, this layer is considered as an interregional correlation reference.

**Key words:** lower Permian, kungurian stage, ostracod biofacies, biostratigraphic reference.

К настоящему времени получены довольно полные данные о составе, фациальной приуроченности и стратиграфическом распространении отдельных видов и комплексов остракод нижней перми Русской платформы и прилегающих территорий Приуралья [1–3], что позволило привлечь дополнительные критерии для биостратиграфического расчленения и сопоставления разнофациальных отложений этого возраста.

Особое значение указанные данные имели при разграничении артинского и кунгурского ярусов, определении состава и стратиграфического объема этих подразделений в условиях, когда из

разреза почти исчезли представители ортостратиграфической группы микрофауны – фузулины. Именно на основе данных по остракодам граница между артинским и кунгурским ярусами была понижена до подошвы саранинского горизонта, включенного соответственно в состав кунгура. Основанием для этого являлись качественные различия смежных саргинского и саранинского комплексов и, наоборот, общность состава и непрерывность развития остракод в течение саранинского, филипповского и неволинского (раннеиренского) времени.

При этом была отмечена характерная особенность последнего этапа развития остракод – широкое видовое разнообразие остракод рода *Paraparchites* Ulrich et Bassler, 1906 и во многих случаях массовое скопление раковин его видов – вплоть до образования остракодовых известняков. Парапартхитесы рассматривались как эвригалинные животные, обитающие в обстановке водоема с нарушенной соленостью. Следовательно, речь может идти о специфической остракодовой биофации – биофации *Paraparchites*. В то же время, несмотря на предполагаемую эвригалинность, в Приуралье парапартхитесы были встречены в известняках саргинского рифа и не обнаружены в замещающих их по латерали мергелях дивьинской свиты; в вышележащих сылвенских рифах (саранинский горизонт) они встречаются единично, но довольно разнообразны в видовом отношении в межрифовых отложениях шуртанской свиты; особенно многочисленны парапартхитесы в толстоплитчатых оолитовых известковистых доломитах филипповского горизонта, образование которых связано, вероятно, с мелко- и тепловодными участками палеобассейна. Кроме того, заметное участие представителей рода *Paraparchites* наблюдалось также в терригенных отложениях нижней перми Печорского угольного бассейна [1]. Здесь в средней части лекворкутской свиты этот род представлен многочисленными раковинами нескольких видов (*P. humerosus* Ulrich et Bassler, *P. burkemis* (Martynova), *P. kamajicus* Gusseva, *Paraparchites* sp.) в ассоциации с другими таксонами, характерными для кунгура.





При изучении разрезов нижней перми северной бортовой зоны Прикаспийской впадины (оренбургского, уральского, саратовского ее сегментов) выяснилось, что пограничные артинские (саргинские) и кунгурские (саранинские, филипповские, частично иренские) отложения имеют сходные со Средним и Южным Приуральем литолого-фациальную и остракодовую характеристики.

В пределах саратовского сегмента саргинский горизонт представлен вторичными доломитами – серыми, буровато-серыми, тонкозернистыми, с реликтовой органогенной структурой, прослоями пелитоморфными, с массивной, тонко-субгоризонтальной и нарушено-слоистой текстурой и известняками биоморфно-детритовыми, в различной мере доломитизированными, переходящими во вторичные доломиты. В породах встречаются остатки гастропод, пеллеципод, брахиопод, мшанок, мелких фораминифер и фузулинид, а также остракод [4].

В отдельных разрезах в основании вышележащей карбонатно-сульфатной толщи отмечены обломки карбонатных пород, следы перерыва и интенсивного выщелачивания в подстилающих отложениях, что интерпретируется как свидетельство наличия несогласия, вплоть до выпадения из разреза саргинских отложений. По нашему мнению, подобные хиатусы носят локальный характер. Следует заметить, что аналогичные соотношения были зафиксированы и в разрезах Приуралья [2].

Нижний реперный пласт карбонатно-сульфатной толщи представлен первичными строматолитовыми доломитами, в различной мере известковистыми, с прослоями органогенно-детритовых, онколитовых, оолитовых или псевдооолитовых известняково-доломитовых пород, содержащих остатки гастропод, брахиопод, пеллеципод, мелких фораминифер, остракод. Доминирующей группой в составе комплексов остракод являются *Paraparchites*, представленные разнообразными видами и многочисленными экземплярами, вследствие чего нередко формируются остракодовые известняки. Вариации в структурах и текстурах свидетельствуют о нестабильном режиме седиментации: образование строматолитовых, оолитовых и тому подобных разностей пород связывается с жизнедеятельностью обволакивающих водорослей в обстановке мелкого теплого водоема с повышенной гидродинамикой и соленостью; седиментационно-диагенетическое образование микро тонкозернистых доломитов могло происходить в пределах пониженных (затишных) участков морского дна с повышенной соленостью, т. е. лагунах. Вышележащие пласты доломитов отличаются более высоким содержанием и разнообразием органических остатков. Из остракод доминируют парапархитесы.

По данным Т. А. Сипко, В. Б. Щеглова [5], выделяемые в составе карбонатно-сульфатной

толщи пласты доломитов и ангидритов хорошо прослеживаются в разрезах лагунных отложений, но при приближении к биогермам пласты ангидритов выклиниваются, и разрез становится полностью карбонатным: биохомогенные доломиты сменяются по простирацию водорослевыми доломитами биостромового генезиса.

Такой почти «безангидритовый» разрез хорошо изучен на месторождении Карачаганак [6], где аналоги карбонатно-сульфатной толщи представлены в нижней части доломитами серыми, комковато-сгустковой структуры, микро тонкозернистыми, ангидритизированными, с маломощными пластами ангидритов, в верхней – доломитами, известняками перекристаллизованными и ангидритизированными, прослоями биогермными – строматолитовыми, водорослевыми, биоморфными – мшанково-брахиоподовыми, мшанково-гастроподовыми с остатками мелких фораминифер и остракод, в том числе крупно-размерных и многочисленных *Paraparchites*. Эти отложения венчают мощный карбонатный разрез нижней перми рифового массива.

В свете изложенного представляет интерес детальная палеонтологическая и литолого-фациальная характеристика пограничных артинско-кунгурских отложений, вскрытых бурением на Нагумановской площади скв. 25 на юго-восточном краю Соль-Илецкого свода в пределах оренбургского сегмента бортовой зоны Прикаспийской впадины [7]. Саргинский горизонт здесь слагают (снизу вверх) фузулинидовые пески (грейнстоуны) отмелей зарифовой платформы, криноидно-фузулинидовые известняки (пак-грейнстоуны) открытого шельфа, органогенно-обломочные известняки (пакстоуны) с онколитами, образованными водорослями *Donezella*. Вблизи границы саргинского и саранинского горизонтов наблюдается переход от фаций мелкого шельфа к фациям закрытой лагуны с ограниченным водообменом. Последовательно формируются криноидно-фораминиферовые известняки мелководного шельфа, фораминиферовые известняки с интракластами, узорчатые строматолитоподобные известняки с остракодами и мелкими фораминиферами, комковато-сгустковые (пелоидные) известняки (вакстоуны и пелмикриты) с инкрустациями, образовавшиеся в условиях мелководной шельфовой впадины. Филипповский горизонт представлен оолитовыми прослоями, остракодовыми известняками, формировавшимися в обстановке отмели и пляжа, а также остракодовых скоплений типа банок. Подобные образования впоследствии легко поддавались выщелачиванию, что приводило к формированию пород-коллекторов, перекрываемых пачками плотных ангидритов.

Саргинский горизонт в данном случае определялся по наличию фузулинид *Uralofusulinella*, *Schubertella* и др., мелких фораминифер *Hemigordius* и др. Для саранинского горизонта характерен гломоспировый комплекс мелких фораминифер.



Считается, что виды рода *Glomospira* не проходят в отложения филипповского горизонта. Кроме того, саранинский уровень подтвержден присутствием остракод *Bairdia provoluta* Gusseva, *Acratia filippovskaensis* Kotschetkova. Для саранинско-филипповского интервала в целом характерны остракоды *Paraparchites* – *P. humerosus* Ulrich et Bassler, *P. ardmorensiformis* Gusseva, *P. valosus* Kotschetkova, *P. grozdilovae* Mandelstam.

Несколько неожиданным оказалось обнаружение комплекса остракод с массовыми *Paraparchites* в разрезе нижней перми, вскрытом скважиной в пределах северо-восточной части акватории Каспийского моря (площадь Кайран). Изученный нами единственный небольшой образец карбонатной породы содержал несколько сотен раковин, реже створок остракод отличной сохранности. В данном случае речь может идти о пороодообразующей роли остракод. Доминируют в выборке особи видов *Paraparchites humerosus* Ulrich et Bassler, *P. gormashovae* Kotschetkova, *Bairdia permagna* Geis, Встречаются также виды *Paraparchites burkemis* Martinova, *P. tumorosus* Gusseva, *Paraparchites?* sp. (с двумя мелкими шипами в заднеспинной части раковины), *Bairdia?* *dissortis* Kotsch. et Zl., *B. ex gr. extensa* Gusseva, *Schneideria perparva* Kotschetkova, *Macrocypris ex gr. lenticularis* (Cooper), *Polycope perminuta* Kellett, реже *Polycope* sp., *Actuaria* sp., *Cavellina permiana* Kotschetkova. В целом этот комплекс с доминирующим содержанием представителей рода *Paraparchites*, особенно вида *P. humerosus*, характерен для филипповского горизонта кунгура. Эти данные не только подтверждают широкое распространение биофации *Paraparchites*, но и дают почву для размышлений о реальной конфигурации и особенностях развития Прикаспийского палеобассейна в позднеартинско-кунгурское время.

В связи со сказанным представляется весьма интересной информация В. Kellett [8–9] о том, что *Paraparchites* является доминирующим родом в комплексе остракод из нижнепермских отложений Северной Америки (серия Leonard Техаса). Это обстоятельство, а также наличие других общих видов позволило Н. М. Кочетковой и Е. А. Гусевой [2] сопоставить верхнюю часть разреза серии Leonard с филипповским горизонтом кунгура. Возможно, что этот уровень с *Paraparchites* имеет еще более широкое распространение.

В заключение следует отметить следующее: а) остракодовая биофация *Paraparchites* хорошо распознается в разрезах и имеет широкое географическое распространение, поэтому может рассматриваться как межрегиональный биостратиграфический репер; б) ее стратиграфический объем составляют саранинский и филипповский горизонты кунгура, а также неволинская пачка

(или ее аналоги) иренского горизонта, которую целесообразно включить в филипповский горизонт на основании общности палеонтологической (остракодовой) характеристики; в) биофация *Paraparchites* обычно пространственно сопряжена с органогенными постройками, которые всегда представляли особый интерес для практической геологии; г) в разрезах северной бортовой зоны Прикаспийской впадины с биофацией *Paraparchites* связаны промышленные скопления углеводородов, поэтому она может рассматриваться как своеобразный поисковый признак.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 09-05-01009).

### Библиографический список

1. Гусева Е. А. Раннепермские остракоды Печорского угольного бассейна // Палеозойские остракоды из опорных разрезов Европейской части СССР. М., 1971. С. 184–227, табл. LIII–LVIII.
2. Кочеткова Н. М., Гусева Е. А. Раннепермские остракоды Южного и Среднего Приуралья. М., 1972. 138 с, табл. I–XXIV.
3. Атлас характерных комплексов пермской фауны и флоры Урала и Русской платформы. Л., 1986. 328 с.
4. Кухтин Д. А., Мамулина В. Д., Щеглов В. Б., Воронкова Е. А. Новые данные о стратиграфическом положении реперов K<sub>4</sub> и K<sub>3</sub> в разрезах нижней перми северной бортовой зоны Прикаспийской впадины // Недр Поволжья и Прикаспия. 2006. Вып. 46. С. 27–30.
5. Федоров Д. Л., Яцкевич С. В., Грекова Н. В., Мелехова А. Т., Съестнова Л. П., Сипко Т. А., Щеглов В. Б. Геология и нефтегазоносность карбонатного палеозоя Саратовского и Астраханского Поволжья. Ч. I. Литология и коллекторы карбонатных нефтегазоносных комплексов / под ред. Д. Л. Федорова. Саратов, 1983.
6. Исакова Т. Н., Горожанина Е. Н., Филимонова Т. В., Побережский С. М., Кочетова Н. Н. Палеонтологическая и литофациальная характеристика пограничных артинско-кунгурских отложений юго-восточного края Соль-Илецкого свода по данным глубокого бурения // Палеонтология и стратиграфия перми и триаса Северной Евразии (Материалы V Междунар. конф., посвященной 150-летию со дня рождения В. П. Амалицкого; Москва, 22–23 ноября 2010 г.). М., 2010. С. 132–136.
7. Сипко Т. А., Щеглов В. Б. Стратиграфия и литофациальная характеристика продуктивной толщи Карачаганакского газоконденсатного месторождения // Геологическое обоснование поисков скоплений нефти и газа в Прикаспийском нефтегазоносном регионе. Саратов, 1983. С. 177–187.
8. Kellett V. Ostracodes of the Upper Pennsylvanian and Permian strata of Kansas: The Aparchitiidae, Beyrichiidae, Glyptopleuridae, Kloedenellidae, Kirkbiidae and Joungiellidae // Journ. paleont. 1933, Vol. 7, № 1. P. 13–16.
9. Kellett V. Permian Ostracodes // Journ. paleont. 1943. Vol. 17, № 6. P. 615–628.



УДК [550.846.093.: 631.416.8]

## КОНЦЕНТРАЦИЯ СВИНЦА И КАДМИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ДЕТСКИХ ДОШКОЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ ГОРОДА ЭНГЕЛЬСА

М. В. Решетников, О. Г. Дингес

Саратовский государственный университет,  
кафедра геологии  
E-mail: rmv85@list.ru

Представлены результаты эколого-геохимического опробования на территории детских дошкольных учреждений г. Энгельса. Проанализированы данные о заболеваемости детей в данных учреждениях по различным типам заболеваний. Дана оценка экологического состояния почвенного покрова.

**Ключевые слова:** экологическое состояние почв, свинец, кадмий, заболеваемость детей.

### Concentration of Lead and Cadmium in Territory of Preschool Institutions of the City of Engels

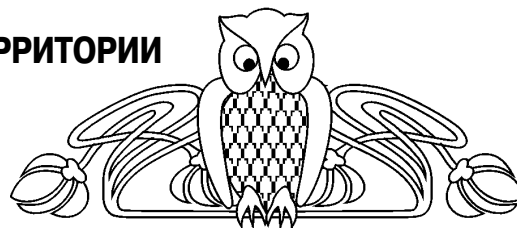
M. V. Reshetnikov, O. G. Dinges

Results of ekologo-geochemical approbation in territory of preschool institutions of a city of Engels are presented. The data about disease of children in the given establishments on various types of diseases is analysed. The estimation of an ecological condition of a soil cover is given.

**Key words:** ecological condition of soils, lead, cadmium, disease of children.

**Введение.** В процессе своего развития человек всегда был неразрывно связан с окружающим миром. Но с ростом урбанизации опасное вмешательство человека в природу резко усилилось. Загрязнение тяжёлыми металлами – одна из актуальных проблем экологии почв. Источники поступления тяжёлых металлов делятся на природные – выветривание горных пород и минералов, эрозионные процессы, вулканическая деятельность и техногенные – добыча и переработка полезных ископаемых, сжигание топлива, выбросы транспорта и др.

Тяжелые металлы, попадая в организм, остаются там навсегда, вывести их можно только с помощью белков молока и белых грибов. Достигая определенной концентрации в организме, они начинают свое губительное воздействие – вызывают отравление, мутацию. Тяжелые металлы к тому же чисто механически засоряют организм – ионы тяжелых металлов оседают на стенках тончайших систем организма и забивают почечные каналы, каналы печени, снижая фильтрационную способность этих органов. Это приводит, в свою очередь, к накоплению токсинов и продуктов жизнедеятельности клеток организма, т. е. к самоотравлению, так как именно печень отвечает за переработку ядовитых веществ, попадающих в



организм, и продуктов жизнедеятельности организма, а почки – за их выведение наружу.

Дети дошкольного возраста наиболее восприимчивы к вредному воздействию тяжелых металлов, поскольку их нервная система находится в стадии формирования. Согласно современным медицинским представлениям в организме ребенка вполне допустимо содержание свинца до 10 микрограммов на каждый децилитр крови. Даже при низких дозах свинцовое отравление вызывает снижение интеллектуального развития, внимания и умения сосредоточиться, отставание в чтении, ведет к развитию агрессивности, гиперактивности и другим проблемам в поведении ребенка. Эти отклонения в развитии могут носить длительный характер и быть необратимыми. Низкий вес при рождении, отставание в росте и потеря слуха также могут являться результатом свинцового отравления.

Отчётливый параллелизм отрицательных влияний загрязнения объектов окружающей среды на различные биологические системы организма ребёнка, на физическое развитие просматривается в работах А. И. Воробьева и Л. П. Волкотруб, Ф. Ф. Даутова, М. Г. Шандалы, Я. И. Звиняцковского и др. [1]. Как известно на изменение качества окружающей среды реагирует всё живое, и нередко человек, особенно ребёнок, может оказаться объектом, который отреагирует на экологическое неблагополучие первым.

В данной работе приводятся результаты эколого-геохимических исследований почвенного покрова на территории ряда дошкольных учреждений г. Энгельса на предмет их соответствия санитарно-гигиеническим требованиям по содержанию в них тяжёлых металлов первого класса опасности – свинца и кадмия.

**Методика работ.** Отбор проб и пробоподготовка велись в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01–83 (почвы). Согласно его требованиям опробованию подвергалась верхняя часть почвенного горизонта «А» до глубины 5 см, где обычно накапливается основная масса загрязнителей, выпадающих из атмосферы [2–9]. Пробы почвенного покрова были отобраны на территории шести детских садов, расположенных в г. Энгельсе: «Детский сад № 1 комбинированного вида» (Ленина, 1); «Детский сад № 35 комбинированного вида» (Смеловская, 21); «Детский сад компенсирующего вида № 53» (Ломоносова, 33б); «Детский сад компенсирующего вида № 6б» (Полтавская, 7); «Детский сад комбинированного вида № 63»



(Космонавтов, 10а); «Детский сад комбинированного вида № 55» (Ломоносова, 10); «Детский сад № 57» (улица Ломоносова, 4а); «Детский сад комбинированного вида № 70» (улица Ломоносова, 23) (рисунок).

На территории каждого дошкольного учреждения отбирались две почвенные пробы: одна – в пределах цветочной клумбы, другая – из песочницы.

Определения Pb, Cd проводились методом атомной абсорбции на спектрофотометре ААС-1N. Валовые формы извлекались путём химического разложения почв кипячением с  $\text{HNO}_3$  (1:1). Погрешности определения: Cd – 10%, Pb – 10%.

Аналитические данные обрабатывались с использованием общепринятых параметров и формул. В каждой пробе для всех элементов под-

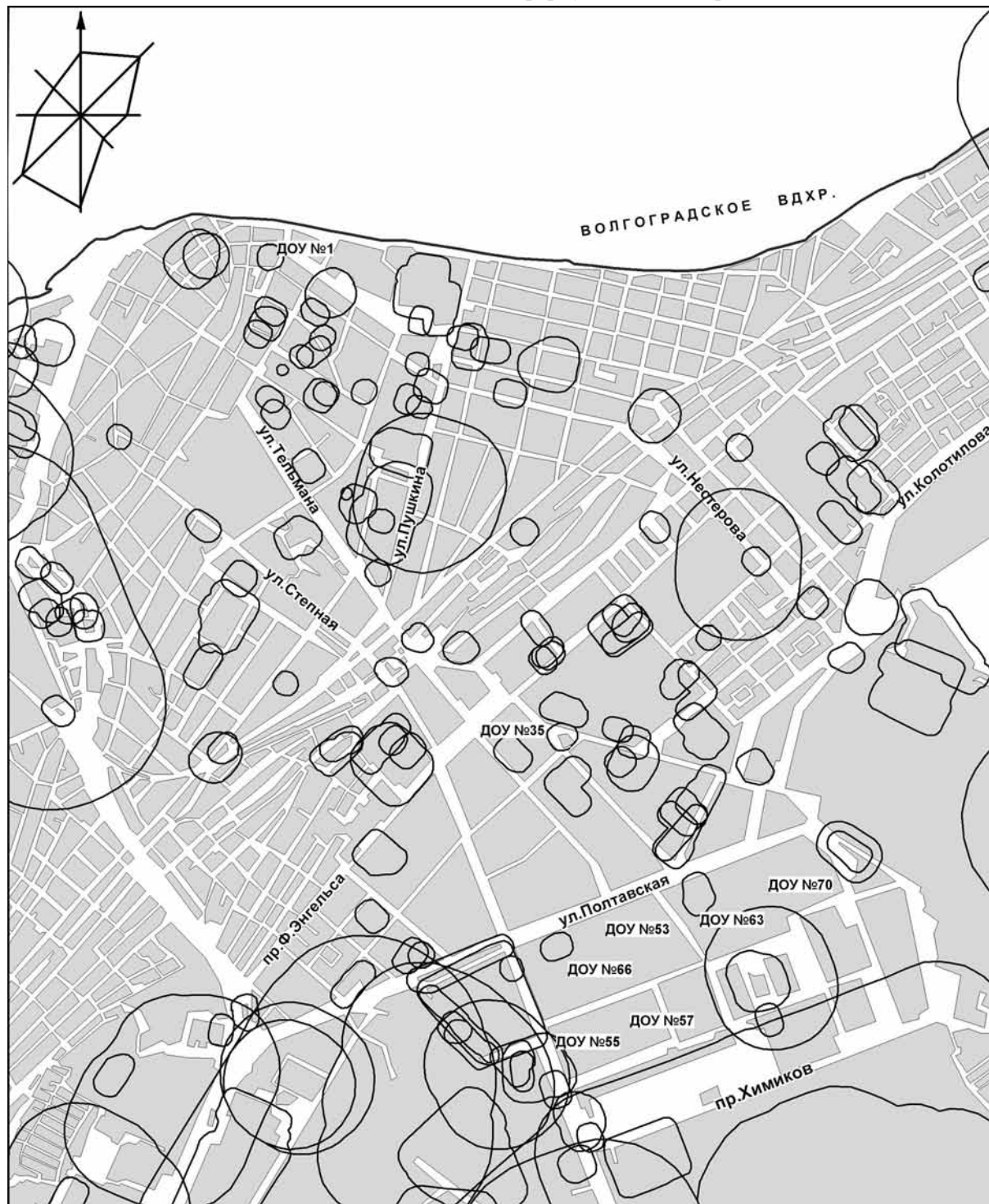


Схема расположения дошкольных учреждений и СЗЗ предприятий г. Энгельса



считывались коэффициенты концентрации по формуле:

$$K_c = C_i / C_{\phi},$$

где  $C_i$  – составляет содержание элемента в пробе, а  $C_{\phi}$  – его фоновое значение.

Фоновые содержания тяжёлых металлов были приняты для Pb 8,35 мг/кг, а для Cd 0,23 мг/кг. В настоящей работе, помимо стандартного  $K_c$  от фонового уровня, было предусмотрено определение параметра  $K_{ПДК}$ , рассчитанной по формуле

$$K_{ПДК} = C_i / ПДК,$$

где  $C_i$  – концентрации элемента в почве, а ПДК – предельно допустимая концентрация (ПДК) [8].

Сведения по заболеваемости детей дошкольного возраста были получены из различных источников: из отчетов детской городской поликлиники № 1 взяты данные по структуре заболеваемости детей по педиатрическому отделению, посещающих детские дошкольные учреждения г. Энгельса

за I полугодие 2010 года. В источнике указано количество заболевших детей за данный период по различным группам и видам заболеваемости, сведения структурированы по различным возрастным категориям (2–3 года и 3–7 лет) и по каждому дошкольному учреждению города, в которых были взяты пробы почвенного покрова. У заведующих получены данные по заболеваемости детей за I полугодие 2010 года по болезням органов дыхания (ангина, пневмония, бронхит, ОРЗ), крови (анемии), органов пищеварения (гастрит), кожи (аллергический дерматит), мочеполовой системы (цистит), центральной нервной системы (невроз), которые могут быть спровоцированы наличием тяжелых металлов в почвенном покрове на территориях детских садов.

**Результаты и их обсуждение.** В результате проведенных исследований на территории шести дошкольных учреждений отобрано 12 проб, в которых определена валовая концентрация свинца и кадмия, для всех проб рассчитаны коэффициент концентрации и коэффициент опасности (табл. 1).

Таблица 1

Результаты аналитических измерений концентрации свинца и кадмия, а также расчётов коэффициентов концентрации и опасности

Номер ДОУ	Место отбора	Свинец, мг/кг	$K_c$ Pb	$K_{ПДК}$ Pb	Кадмий, мг/кг	$K_c$ Cd	$K_{ПДК}$ Cd
63	Палисадник	27,8	3,3	0,8	0,3	1,3	0,1
	Песочница	4,2	0,5	0,1	0,1	0,8	0,1
53	Палисадник	43,4	5,2	1,3	1,0	4,3	0,5
	Песочница	4,5	0,5	0,1	0,1	0,7	0,09
66	Палисадник	30,4	3,6	0,9	1,1	5	0,5
	Песочница	2,0	0,2	0,06	0,2	0,8	0,1
55	Палисадник	102	12,2	3,2	3,1	13,5	1,5
	Песочница	2,0	0,2	0,06	0,1	0,7	0,09
57	Палисадник	300	35,9	9,3	3,8	16,5	1,9
	Песочница	0,9	0,1	0,03	0,2	0,9	0,1
70	Палисадник	38,4	4,6	1,2	1,8	7,8	0,9
	Песочница	2,0	0,2	0,06	0,1	0,7	0,09
35	Палисадник	27,7	3,3	0,8	0,6	2,6	0,3
	Песочница	9,5	1,1	0,3	0,6	2,6	0,3
1	Палисадник	14,8	1,7	0,4	0,4	2,09	0,2
	Песочница	4,0	0,4	0,1	0,1	0,52	0,06

При анализе табл. 1 видно, что концентрация свинца на территории детских садов изменяется в широких пределах – от 0,9 до 300 мг/кг при средних значениях 41,2 мг/кг. При функциональном разделении точек опробования на отобранные в палисадниках и песочницах диапазон концентрации свинца значительно снижается. В клумбах концентрация изменяется от 27,8 (ДОУ 63) до 300 (ДОУ 57) мг/кг, со средним значением 73 мг/кг. В песочницах концентрация свинца значительно

снижается и колеблется в пределах от 0,9 (ДОУ 57) до 9,5 (ДОУ 35) со средним значением 3,6 мг/кг.

Концентрация кадмия в пределах исследуемых дошкольных учреждений изменяется от 0,1 до 3,8 мг/кг со средним значением 0,85 мг/кг. В палисадниках концентрация варьирует в пределах 0,3 (ДОУ 63) до 3,8 (ДОУ 57) мг/кг со средним значением 1,5 мг/кг. В песочницах от 0,1 (ДОУ 1, 53, 55, 60 и 70) до 0,6 (ДОУ 35) мг/кг со средним значением 0,18 мг/кг.



Столь резкое падение концентрации свинца и кадмия в песочницах, по сравнению с палисадниками, связано именно с преобладанием песчаной фракции, которая обладает хорошей водопроницаемостью, низкой поглотительной способностью и малой концентрацией органического вещества. Таким образом, тяжелые металлы мигрируют в более глубокие слои и не накапливаются в приповерхностных горизонтах песочниц.

Анализируя результаты определения коэффициента опасности, можно сделать выводы о степени загрязнения почвенного покрова на территории каждого дошкольного учреждения. Согласно шкале оценки загрязнения природных сред загрязнение почвенного покрова элементами первого класса опасности по значению коэффициента опасности классифицируется следующим образом: до 1 – допустимое, от 1 до 1,5 – умеренно опасное, от 1,5 до 3 – опасное, свыше 3 – чрезвычайно опасное [11]. Таким образом, по результатам проведенных исследований можем сделать следующие выводы о загрязнении почв на территории дошкольных учреждений:

– детские сады № 1, 35, 63 и 66: в почвах палисадников и песочниц на территории учреждений коэффициент опасности по свинцу и кадмию не превышает 1, таким образом, загрязнение почвенного покрова на этих участках классифицируется как *допустимое*;

– детский сад № 53: отмечается превышение концентрации свинца в почвах клумбы, коэффициент опасности составляет 1,3, следовательно, в данной точке загрязнение оценивается нами как *умеренно опасное*. В песочнице (по свинцу и кадмию), а также клумбе (по кадмию) загрязнение на *допустимом* уровне;

– детский сад № 55: в почвах клумбы отмечается превышение ПДК как по свинцу, так и по кадмию, коэффициент опасности относительно концентрации свинца составил 3,2, а по кадмию – 1,5, загрязнение почвенного покрова в данных точках фиксируется нами как *чрезвычайно опасное* и *умеренно опасное* соответственно. В песочнице загрязнение находится на *допустимом* уровне;

– детский сад № 57: в почве палисадника задокументировано превышение ПДК по свинцу и кадмию. Относительно свинца коэффициент опасности равен 9,3, кадмия – 1,9. Загрязнение почв палисадника данного учреждения относится нами к *чрезвычайно опасному* и *опасному* соответственно. В песочнице на территории детского сада концентрация опасных элементов находится на *допустимом* уровне;

– детский сад № 70: отмечено превышение ПДК свинца в почвах палисадника, которое составило 1,2 раза, соответственно загрязнение по данному показателю классифицируется нами как *умеренно опасное*. В песочнице (по свинцу и кадмию), а также клумбе (по кадмию) загрязнение находится на *допустимом* уровне;

Подводя итог, можно утверждать, что наиболее тяжёлая эколого-геохимическая ситуация сложилась в пределах детских садов № 55 и № 57. На этих участках, на наш взгляд, необходимо провести замену почвенного покрова.

Повышенная концентрация тяжелых металлов на территории детских садов представляет потенциальную опасность для здоровья детей, поэтому дополнительно проведен анализ заболеваемости детей разных возрастных групп различными типами заболеваний. Сведения о заболеваемости приведены в табл. 2.

Таблица 2

Количество заболевших детей по различным видам заболеваемости и возрастным категориям (составлено по материалам отчётов по заболеваемости детей за 2009-2010 года).

Заболевание	Всего заболевших детей	ДОУ															
		1		35		53		55		57		63		66		70	
		2-3 года	3-7 лет	2-3 года	3-7 лет	2-3 года	3-7 лет	2-3 года	3-7 лет	2-3 года	3-7 лет	2-3 года	3-7 лет	2-3 года	3-7 лет	2-3 года	3-7 лет
Анемия	28	0	1	2	2	1	2	2	3	3	4	1	2	1	1	1	2
Ангина	61	1	1	4	5	3	4	5	5	6	7	3	5	2	5	3	4
Пневмония	40	0	1	2	4	2	3	3	5	5	6	3	2	2	1	0	3
Бронхит	73	3	4	3	6	4	8	4	6	4	7	3	5	3	7	3	3
ОРЗ	267	10	19	15	20	12	17	18	22	18	25	11	19	11	20	11	19
Аллергический дерматит	34	1	2	2	3	2	3	2	3	2	4	1	3	2	2	1	1
Цистит	11	0	1	1	1	0	1	2	1	1	2	0	1	0	0	0	0
Гастрит	13	0	0	1	2	0	1	1	2	1	1	0	1	0	1	1	1
Невроз	36	0	2	3	4	2	4	1	3	2	4	0	3	2	3	1	2

Накопление повышенных концентраций тяжелых металлов в организме человека вызывает различные негативные изменения в организме человека. Так, например, накопление

свинца происходит в основном в костях, мягких тканях и крови и приводит к патологическим изменениям в нервной и желудочно-кишечной системах, в крови и сосудах, а также к наруше-



нию функции почек и легочным заболеваниям. Повышенные концентрации кадмия влияют на углеродный обмен, кровь, печень, костную и мышечную ткань, желудочно-кишечный тракт, центральную и периферическую нервную систему, приводит к онкологическим заболеваниям и мутагенным изменениям [10]. Таким образом, из представленных видов заболеваний повышенная концентрация тяжелых металлов может провоцировать анемию, заболевания дыхательных путей, гастрит и невроз.

Проведем сравнительный анализ показателей загрязнения тяжелыми металлами и уровня заболеваемости. По показателю заболеваемости анемией наихудшая ситуация сложилась в трёх детских садах – № 35 (4 заболевших), № 55 (5 заболевших) и № 57 (7 заболевших) (см. табл. 2). По группе заболеваний органов дыхательных путей (ангина, пневмония, бронхит, ОРЗ) сложилась аналогичная ситуация, самая неблагоприятная обстановка приходится на три детских сада – № 35 (59 заболевших), № 55 (68 заболевших) и № 57 (78 заболевших). Максимальное количество зарегистрированных заболеваний гастритом – в детских садах № 35 и № 55 – по 3 заболевших в каждом учреждении, в остальных садах количество заболевших находится на одном уровне – 1–2 заболевших. Число зафиксированных заболеваний неврозом в детских садах № 53 и № 57 составляет по 6 заболевших и детском саде № 35 – 7 заболевших.

Корреляционный анализ между заболеваемостью детей по различным видам заболеваний в разных возрастных группах и коэффициентом опасности показал значимые корреляционные связи в системах «свинец в почве – анемия» и «кадмий в почве – анемия» у детей всех возрастных групп; «свинец в почве – ангина» и «кадмий в почве – ангина» у детей 2–3 года; «свинец в почве – пневмония» у всех возрастных групп; «кадмий в почве – пневмония» у детей в возрасте 3–7 лет; «свинец в почве – ОРЗ» и «кадмий в почве – ОРЗ» у детей всех возрастных групп. Несомненно, корреляционный анализ лишь отражает взаимосвязь двух случайных величин, в данном случае уровень заболеваемости и коэффициент опасности, а не утверждает тот факт, что именно повышенная концентрация тяжелых металлов является причиной заболеваний. В тоже время столь высокие значения коэффициента корреляции указывают на тесную взаимосвязь между двумя этими параметрами.

Из приведенных данных видно, что в тройке «лидеров» по всем заболеваниям присутствуют детские сады № 55 и 57, в которых установлено наиболее неблагоприятное эколого-геохимическое состояние почв, а также в детском саду № 35, в котором обстановка оценивается как допустимая. Учреждения № 55 и 57 расположены по соседству друг с другом в зоне влияния бывшего завода «Химволокно», чем может частично объясняться

их схожая экологическая обстановка и уровень заболеваемости. Детский сад № 35 расположен в центральной части города в непосредственной близости от основной развязки автомобильных дорог, и, возможно, высокая заболеваемость детей различными заболеваниями связана с высокой антропогенной нагрузкой. Детские дошкольные учреждения № 53, 63, 66 и 70 испытывают несколько меньшее влияние от выхлопных газов автомобилей, так как располагаются более чем в ста метрах от автодорог. Заболеваемость детей и загрязнение почвенного покрова на территории детского сада № 1 невысокие, несмотря на значительную близость к автомобильным дорогам, возможно, это объясняется высокой проветриваемостью территории вследствие её непосредственной близости к набережной Волгоградского водохранилища.

Подводя итог проведенным исследованиям, можно сделать несколько основных выводов:

1. Концентрация свинца и кадмия на территории обследованных детских дошкольных учреждений изменяется в достаточно широких пределах, в большей части проб находясь в пределах ПДК. При этом повышенная концентрация тяжелых металлов приурочена к почвам палисадников, а пониженная – к грунтам песочниц.

2. Наиболее сложная эколого-геохимическая ситуация сложилась в пределах детских садов № 55 и 57. Здесь уровень загрязнения в отдельных точках классифицируется как чрезвычайно опасный и опасный. Территориальная близость этих детских садов может указывать на единый источник поступления тяжёлых металлов на территорию дошкольных учреждений.

3. Высокий уровень заболеваемости детей различных возрастных групп разнообразными видами заболеваний характерен для трёх детских садов – № 35, 55 и 57. Отчетливый параллелизм между загрязнением почвенного покрова и повышенным уровнем заболеваемости можно проследить для дошкольных учреждений № 55 и 57, на это частично указывают высокие корреляционные связи между повышенной концентрацией тяжёлых металлов и отдельными видами заболеваний.

4. На территории детских садов № 55 и 57 необходимо провести мероприятия по рекультивации загрязнённых грунтов, включающие их замену незагрязнёнными культуросъемами.

Авторы выражают благодарность за помощь в проведении исследований инженеру лаборатории геоэкологии А. С. Шешнёву. Работа выполнена в рамках госбюджетной темы по тематическому плану единого заказ-наряда Министерства образования РФ «Методологические информационные и организационные основы комплексного геоэкологического мониторинга крупного промышленного города как одного из условий устойчивого развития сложных природно-техногенных систем».



## Библиографический список

1. Даутов Ф. Ф., Яруллин И. А. Изучение связи между загрязнением окружающей среды и уровнем заболеваемости детского населения города // Гигиена и санитария. 1993. № 8. С. 4–6.
2. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест : методические указания МУ 2.1.7.730–99. М., 1999.
3. ГОСТ 17.4.01.–81. Охрана природы. Почвы. Номенклатура показателей санитарного состояния. М., 1981.
4. ГОСТ 17.4.1.02–83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. М., 1983.
5. ГОСТ 17.4.3.01–83. Почвы. Общие требования к отбору почв. М., 1983.

УДК 550.36:553.98(470.4/5)

## ГЕОТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ, ТЕПЛОВЫЙ И ФЛЮИДНЫЙ ПОТОКИ ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ

Я. А. Рихтер

Саратовского государственного университета,  
кафедра общей геологии и полезных ископаемых  
E-mail: tyr2760@yahoo.com

Особенности геотермического режима недр Прикаспийской впадины обусловлены не только присутствием мощных толщ эвапоритов и соляно-купольной тектоникой, но и глубинным строением ее безграничной земной коры и подстилающей литосферной мантии. Современный тепловой поток имеет в основном мантийное происхождение и коррелируется с глубинным флюидным потоком УВ, гелия и других подвижных компонентов. Данные по аномально высоким пластовым давлениям (АВПД) глубоких уровней подсолевого палеозойского комплекса, многоэтажность в расположении залежей нефти и газоконденсата многих месторождений вплоть до глубин, превышающих 6 км, растущая с глубиной насыщенность их газом подтверждают вывод о существовании здесь мощной глубинной флюидодинамической системы, функционирующей до настоящего времени.

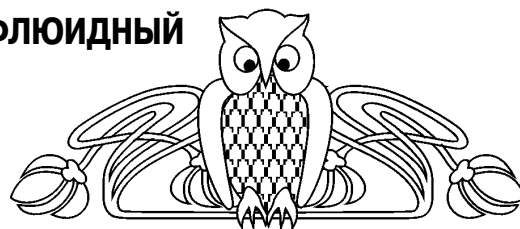
**Ключевые слова:** геотермический режим, тепловой поток, углеводороды, глубинный флюид, модель флюидодинамической системы.

### The Precaspian Depression Geothermal Conditions and Heat and Fluid Flows

Ya. A. Richter

The Precaspian depression subsoil geothermal mode characteristics result not only from presence of the huge evaporite formations and salt dome tectonics, but also from the depth structure of its no granite crust and underlying lithospheric mantle. The current heat flow is primarily of mantle origin and correlates with the HC, helium and other mobile components deep fluid flow. Data for abnormally high layer pressure in the deep levels of the Paleozoic subsalt complex, multilevel distribution of oil and gas condensate deposits up to the depths exceeding 6 km and their increasing with depth gas saturation further strengthen the conclusion that there is a strong depth fluid dynamic system functioning to this day.

6. ГОСТ 17.4.4.02–84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М., 1984.
7. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами (№ 4266–87 от 13.03.87). М., 1987.
8. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) тяжелых металлов и мышьяка в почвах (Дополнение № 1 к перечню ПДК и ОДК № 6229–91). Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.020–94. М., 1995.
9. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041–06. М., 2006.
10. Милютин А. Г., Андросова Н. К., Калинин И. С., Порцевский А. К. Экология : геоэкология недропользования : учебник / под ред. А. Г. Милютина. М., 2007. 440 с.



**Key words:** geothermal conditions, heat flow, hydrocarbons, deep fluid, fluid dynamic system model.

Уникальная геотектоническая позиция и своеобразная глубинная структура Прикаспийской впадины – одной из важнейших нефтегазоносных провинций России – привлекают внимание многих современных исследователей. Неясность ее строения, происхождения и геологического развития породила массу точек зрения и дискуссий. Тем очевиднее и актуальнее становится задача создания научно обоснованной геодинамической модели глубинного строения и эволюции Прикаспийской впадины, что откроет новые возможности для прогнозирования и обнаружения крупных скоплений УВ в ее недрах. Но для этого предстоит еще многое сделать, и в первую очередь развернуть широким фронтом специальные геофизические и геохимические исследования. К числу таких еще слабо разработанных проблем геодинамики и геохимии Прикаспийской впадины можно отнести геотермику ее недр, а также изучение изотопии некоторых газов, сопутствующих углеводородам (УВ) и имеющих индикаторное значение глубинных продуктов дегазации мантии (например, гелия). Современное состояние проблемы все же позволяет произвести анализ имеющихся данных и сделать некоторые предварительные выводы, чему и посвящена настоящая статья.

С точки зрения современной геодинамики первоочередной интерес представляют данные





скважинной геотермии и выявленные на их основе закономерности в распределении пластовых температур, величин теплового потока и аномального теплового поля в недрах Прикаспийской впадины (Котровский, 1986; Дальян, 1986; Постнова, 2004; Хуторской и др., 2004; и др.). Значения пластовых температур в осадочном чехле обнаруживают значительные вариации от места к месту на одной и той же глубине (до 40–50°C). При этом максимальные температуры характерны для юго-западной части впадины, а минимальные – для северо-восточной (приуральско-мугоджарской). В целом для глубин менее 4–5 км в породах надсолевого комплекса

установлено закономерное снижение интенсивности прогрева недр в направлении от бортовых зон к центральной части впадины. Тепловое поле Прикаспийской впадины неоднородно и мозаично, его положительные аномалии над соляными куполами созданы в основном за счет структурно-геологических неоднородностей и участия толщ каменной соли (Хуторской и др., 2004). Однако общая картина распределения температур в подсолевых отложениях палеозоя (ниже 4–5 км) довольно отчетливо обнаруживает обратную тенденцию, хотя и не в полном виде, так как данные по центральной части впадины практически отсутствуют (рис.1).

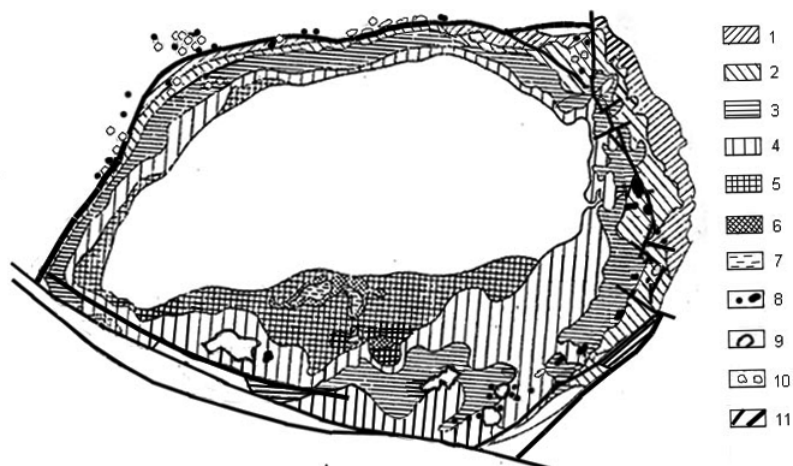


Рис. 1. Зональное распределение современных температур в породах подсолевого комплекса Прикаспийской впадины (по Камбарову, 2000, с дополнениями): зоны (Т°С): 1 – менее 60; 2 – 60–80; 3 – 80–100; 4 – 100–120; 5 – 120–140; 6 – 140–160; 7 – более 160. Месторождения: 8 – нефтяные; 9 – крупные нефтегазоконденсатные и газоконденсатные; 10 – мелкие газоконденсатные; 11 – разломы.

Температурное поле в пределах впадины на этом уровне имеет характерное концентрически-зональное строение, обнаруживая при движении от бортовых зон к центральной части впадины переход к наивысшим значениям температур в интервале 100–120° и даже 120–140°C. Данные по Аралсорской глубокой скважине в центральной части впадины этому не противоречат: на глубине 5 км там зафиксирована температура чуть более 120°C, а на забое (ок. 6,5 км) – 163°C.

Рассчитанные средние значения геотермического градиента для глубин до 4–5 км обусловлены теплопроводностью преобладающих в разрезе горных пород. В надсолевых отложениях мезозоя и кайнозоя они составляют 1,5–3,0°C/100 м, для сульфатно-галогенной толщи кунгурского яруса пермской системы – 0,8–1,7°C/100 м, в подсолевых карбонатных – 1,8°C/100 м и в терригенных породах палеозоя – около 3,3°C/100 м. Однако на глубинах 5–6 км и более эта общая картина начинает нарушаться и известные закономерности «не работают». Так, на больших глубинах иногда обнаруживается заметный рост геотермического

градиента (до 4–6°C/100 м) в локальных зонах, возможно, приуроченных к разломам или участкам повышенной трещиноватости (например, в пределах Астраханского свода). По результатам корреляционного анализа было установлено (Николаев, 2002), что распределение температур и, следовательно, тепловой режим в породах впадины до глубин 3–5 км заметно отличаются от таковых в нижележащих породах (вероятно, вплоть до границы Мохо).

Очевидно, данные скважинной геотермии необходимо рассматривать и оценивать в связи с позицией соответствующих участков в общей структуре Прикаспийской впадины. В первую очередь следует различать группировки данных для зоны внешнего обрамления, бортовой зоны и внутренней части впадины. При этом данные по бортовой зоне дифференцируются, отражая ее гетерогенность, на подгруппы, принадлежащие: западной, северо-западной и северной частям бортовой зоны (рифтогенной палеоконтинентальной окраины), юго-западной и южной частей (коллизонной со стороны Скифской плиты), восточной



части (коллизийной со стороны Уральского орогена) и юго-восточной части бортовой зоны (палеосубдукционной по отношению к Устюртской глыбе). Во внутренней части впадины полезно рассматривать данные по скважинам над соляными куполами и внутри самих куполов отдельно от участков межкупольных пространств.

Геотермический режим осадочного комплекса впадины может быть представлен в динамических параметрах в виде значений теплового потока при условии, что достаточно достоверно известна теплопроводность горных пород по всему разрезу. К настоящему времени основные типы пород, вскрытых скважинами на различных участках, такие характеристики получили (до глубин 5–7 км). Однако еще далеко неясно, как влияет на теплопроводность пород в условиях больших глубин насыщенность их флюидом, находящимся под высоким и сверхвысоким давлением. Поэтому современные оценки величины теплового потока, тем более глубинного, несмотря на вводимые поправки, в известной мере имеют приблизительный характер.

На территории Прикаспийской впадины выделяется несколько зон с различными уровнями плотности теплового потока: 1) с наиболее низкими значениями (менее 30 мВт/м<sup>2</sup>) на северо-востоке впадины, 2) с пониженными значениями – на восточной окраине (например, на Жаркамьско-Темирском своде – 30–40 мВт/м<sup>2</sup>) и 3) с повышенными значениями – на южной части впадины (для Астраханско-Актюбинской зоны поднятий в среднем 55,5 мВт/м<sup>2</sup>). В западной части впадины средний тепловой поток составляет 48,5 мВт/м<sup>2</sup>, а в центральной ее части – 45,5 мВт/м<sup>2</sup>. Максимальная плотность теплового потока (более 60 мВт/м<sup>2</sup>) установлена в пределах южного склона Астраханского свода и смежной Каракульско-Смушковской надвиговой зоны кряжа Карпинского. Для расположенной южнее Скифской плиты установлено повышенное среднее значение величины теплового потока – 62 мВт/м<sup>2</sup> (Смирнов, 1980). Средняя величина теплового потока в пределах Прикаспийской впадины составляет 43,5 мВт/м<sup>2</sup> (Гордиенко, Завгородняя, 1986), что оказывается близко к среднему значению для Восточно-Европейской платформы – 46,0 мВт/м<sup>2</sup> (Polyak, Tolstikhin, 1985).

Несмотря на близость средних величин наблюдаемого теплового потока земная кора Прикаспийской впадины на уровне подсолевого комплекса характеризуется повышенным тепловым потоком. Как показал факторный анализ (Николаев, 2002), его роль среди геодинамических параметров оказалась важнейшей: наиболее мощный I фактор (имеющий вес 35%) положительно связан с тепловым потоком (0,772) и распределением температуры на глубине 5000 м (0,843). Такой результат противоречит общепринятым представлениям о древности кристаллического фундамента впадины, в котором по аналогии с

известными древними платформами и их докембрийским фундаментом положительные термические аномалии должны были давно исчезнуть (для этого достаточно 80–100 млн лет).

Очевидно, структурно-теплофизические неоднородности создают в пределах Прикаспийской впадины латеральные и вертикальные вариации геотермического градиента и плотности теплового потока, нередко настолько значительные, что простое осреднение их значений для получения «фона» весьма затруднительно и требует учета еще многих пространственных и вещественно-литологических параметров. Поэтому наиболее эффективным методом оказалось пространственное трехмерное моделирование для отображения геотермического поля Прикаспийской впадины (Хуторской и др., 2004; Хуторской и др., 2010). Основой для построения трехмерной модели послужили данные термометрии скважин (всего – 115, из них 16 глубоких), а также лабораторные определения теплопроводности горных пород, вскрытых бурением<sup>1</sup>.

Полученная трехмерная картина весьма интересна и в первом приближении отражает основные тенденции в распределении геотермического поля как в интервале 0–5 км, так и в целом для всей земной коры (0–50 км). В первом случае отчетливо видно на глубинных срезах в интервале 2–4 км (рис. 2, а) повышение геоизотерм с северо-востока, от границы с Мугоджарами, на юго-запад в сторону южного и юго-восточного обрамления впадины (например, в прилегающей к Южно-Эмбинскому «поднятию» части впадины). Заметен и общий подъем геоизотерм по направлению к центральной наиболее погруженной части Прикаспийской впадины. На фоне общей картины на уровне глубины в 1–4 км в осадочном чехле Прикаспийской впадины выявляются несколько «температурных» куполов, вершины которых располагаются в районах Южной Эмбы, сора Мертвый Култук и Северного Мангышлака, на участках ряда поднятий вдоль южной окраины впадины – Астраханского и других (Хуторской и др., 2010), а также отдельных поднятий внутри впадины, например Аралсорского, и вблизи северной ее границы – Карачаганакского. Заметим, что при этом устанавливается пространственная корреляция некоторых температурных куполов и зон промышленной нефтегазоносности. Более детальная картина распределения температур на

1 В процессе моделирования при построении изотерм были отбракованы еще многие скважины (свыше 60!) из-за «ненадежности» данных о распределении глубинных температур, не соответствующих принятым представлениям о их равновесном распределении на глубине (Хуторской и др., 2010). Отметим, что эта операция могла наложить отпечаток на полученные результаты, и поэтому следовало бы в каждом случае и в целом для всей совокупности данных показать, в чем заключалась так называемая «неравносность» температурного поля и геотермического градиента на таких участках. Возможно, что эти данные представляют особый интерес именно как показатели неравносности геотермического процесса.

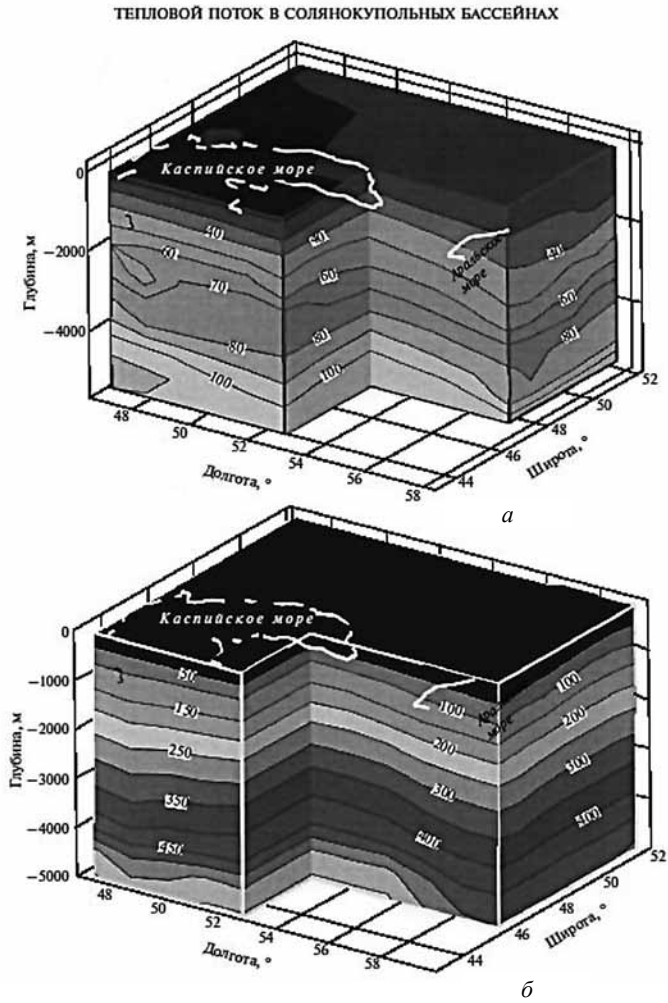


Рис. 2. 3D-модели распределения температур в недрах Прикаспийской впадины и ее обрамления: *а* – в интервале 0–5 км; *б* – в интервале 0–50 км (по Хуторскому и др., 2010).

этих глубинах, обусловленная солянокупольной тектоникой и отражающая ее, еще не видна, потому что для этого на многих участках просто не хватает данных, а также из-за принятого в работе (Хуторской и др., 2010) шага осреднения этих данных и параметров интерполяции. Хуторской и др., 2010

Аномально высокая теплопроводность каменной соли вместе с субвертикальными контактами соляных диапиров и штоков привела к резким пертурбациям теплового потока и в целом к его перераспределению и концентрации в их телах примерно в 1,5 раза по сравнению с породами вмещающих отложений в межкупольных участках. Важно также при этом учитывать и роль многочисленных дизъюнктивных нарушений, не только возникших в ходе процесса диапиризма, но и более ранних, возможно, контролировавших этот процесс и определивших взаимное расположение соляных куполов и валов. Многие из них фиксируются по данным геофизических исследований в пределах подсолевого ложа и акустического фундамента – вдоль ступенеобраз-

но построенных западной и северной бортовых зон Прикаспийской впадины, на Астраханском и Каратон-Тенгизском сводах и в ряде других мест.

Во втором случае, с учетом данных о структуре сейсмического поля и пластовых скоростей сейсмических волн вдоль профилей, распределение температур до глубины 50 км внутри впадины проявляет те же тенденции, отражая плавное нарастание температур на одном и том же глубинном срезе от северо-восточной и восточной ее окраин в западном и юго-западном направлении, т. е., в сторону центральной, наиболее погруженной части впадины (см. рис. 2, *б*). Так, в восточной части впадины на глубине раздела Мохо (порядка 40–42 км) рассчитанные температуры составляют 350–400°C, а в центральной части впадины и в районе Южной Эмбы (на глубинах около 35–40 км), эти температуры достигают 450–500°C. Все это свидетельствует о возможном существовании под осадочным чехлом Прикаспийской впадины и подстилающим его фундаментом уже в пределах верхней мантии области разогретого вещества, принадлежащей соразмерному впадине



термальному куполовидному поднятию астеносферной мантии. Впервые, насколько нам известно, такое предположение о связи повышенного теплового потока под Прикаспийской впадиной с аномальной мантией было высказано в начале 90-х годов прошлого столетия (Кутас, 1993). Предложенная модель отчетливо демонстрирует присутствие крупного термального купола, но уже в пределах земной коры, где на глубинах 10–15 км достигаются температуры порядка 300–400°C, а в основании земной коры, на глубинах порядка 30–35 км – 700–800°C.

Данные сейсмической томографии, полученные, например, на профиле ГСЗ р. Манаш – Карачаганак до глубины 250 км, позволяют предположить «существование под впадиной энергетически возбужденной разуплотненной верхней мантии» (Костюченко и др., 1998, с. 9). Эти же авторы считают, что «сохранение активных свойств глубинных горизонтов до настоящего времени подтверждает продолжающуюся изостатическую и тектоническую неуравновешенности глубинного разреза, что коррелируется с отрицательными неотектоническими движениями в области Прикаспийской депрессии, а также с аномально высокой для “немолодой” платформенной структуры температурой 180°C на забое скважины Мынтобе (около 5800 м), пробуренной вблизи южной части профиля р. Манаш – Карачаганак» (Костюченко и др., с. 9).

Вообще, по-видимому, общей особенностью таких крупных впадин, занимающих окраинное положение по отношению к древним кратонам и часто рифтогенных, с мощными комплексами эвапоритов и высокой нефтегазоносностью, является глубинная связь с куполовидными поднятиями разогретой мантии. Данные сейсмотомографии (Цветкова и др., 2007) подтверждают это, позволяя предположить присутствие под Прикаспийской впадиной куполовидного поднятия разуплотненного и разогретого вещества мантии, прослеживаемого до глубин порядка 850 км.

Проблемы формирования теплового поля Прикаспийской впадины, как и происхождения теплового потока, остаются до сих пор неясными, что в какой-то степени подчеркивается самим фактом существования предложенных подходов и решений. В весьма значительной степени сами эти подходы зависят от выбора общей геотектонической концепции для объяснения глубинного строения впадины. Все же можно утверждать, что важнейшими при генерации тепла являются два эндогенных источника – тепло радиоактивного распада U, Th и <sup>40</sup>K, содержащихся в горных породах земной коры, и восходящий глубинный поток тепла из мантии. Однако оценки доли радиогенного и мантийного тепла весьма неопределенны и подчас некорректны. Предложенная недавно оценка доли радиогенной составляющей теплового потока (30–37 мВт/м<sup>2</sup>) была основана на модели строения земной коры Прикаспийской впадины

с участием геофизического «гранитного» слоя (Постнова, 2004; Хуторской и др., 2004). Присутствие такого слоя (в буквальном петрологическом смысле), по крайней мере, в пределах центральной части впадины, по данным современных исследований, не подтверждается, это обстоятельство необходимо учитывать при расчетах. Именно для данной части впадины из-за учета пород «гранитного» слоя получаются завышенные (примерно в 1,5 раза) оценки радиогенного теплового потока. Если принять безграничную модель строения земной коры Прикаспийской впадины, то расчеты дают оценку радиогенного теплового потока порядка 20–25 мВт/м<sup>2</sup>, и тогда доля глубинного мантийного источника тепла составит минимум половину наблюдаемого потока. В целом можно считать, что при постоянстве величины коровой компоненты теплового потока вариации температур, геотермических градиентов и плотности общего теплового потока вполне могут быть объяснены перераспределением глубинного потока в условиях известных контрастов теплопроводности (Хуторской и др., 2004). Современные оценки других возможных причин появления наблюдаемого геотермического поля (генерация радиогенного и фрикционного тепла, тепла экзотермических реакций и фазовых переходов) показывают, что их величины в пересчете на значения теплового потока пренебрежимо малы, так как не превышают погрешности наблюдений.

Самостоятельную и весьма важную проблему геотермии впадины представляет оценка роли мощных залежей каменной соли, принадлежащих формации эвапоритов пермского возраста. Как известно, неоднородность геотермического поля Прикаспийской впадины объясняется присутствием этих залежей, образующих сложные конфигурации соляных куполов, штоков, валов и гряд и отличающихся аномально повышенной теплопроводностью от вмещающих терригенных и терригенно-карбонатных пород. Благодаря соляно-купольной тектонике (диапировым контактам и пр.) это создает на определенном уровне своеобразный «мембранный» эффект перераспределения глубинного теплового потока, что и обуславливает наблюдаемое геотермическое поле впадины. Этот эффект является, по существу, результатом рефракции теплового потока, вызванной существенными структурно-физическими неоднородностями среды. Толщи каменной соли при этом играют роль ситовидных «тепловодов», перераспределяющих глубинный тепловой поток. Теплопроводность каменной соли куполов очень высока – 5,2–6,5 Вт/(м К), что значительно выше теплопроводности вмещающих терригенных пород (1,6–1,9 Вт/(м К)). Резкий контраст между ними, приуроченный обычно к крутым контактам куполов и штоков с вмещающими породами, вызывает не только интенсивное перераспределение теплового потока, концентрирующегося в соляных куполах, но и, как следствие, ведет к



дальнейшему повышению пластичности вещества в них и возбуждению галокинеза. При этом важно учитывать, что пластичные толщи солей под действием анизотропных (нелитостатических) напряжений испытывают деформации без нарушения внутренней связности, а сами напряжения в них преобразуются в изотропно-литостатические. Часть энергии затрачивается на механизм остаточной деформации. В пластичных солях флюидное давление должно быть равным общему давлению, и, следовательно, именно через поровый флюид в значительной степени передается как литостатическое (гидростатическое), так и одностороннее давление. Все это позволяет нам предположить, что присутствие интенсивно деформированного соленосного комплекса с присущими ему формами тел (куполов, штоков, валов), возможно, обязательно действовало в недрах Прикаспийской впадины механизма конвекции (адвекции) как эффективного способа тепломассопереноса в условиях глубоко погруженного осадочного бассейна<sup>2</sup>.

Традиционные подходы к проблеме формирования геотермического режима впадины в ходе ее длительного погружения и накопления мощного осадочного разреза исходили из предположения о постоянстве поведения температурного градиента как в пространстве (для всех уровней разреза), так и во времени на протяжении истории впадины. Очевидно, что получаемые в этих случаях результаты могут представлять известную ценность лишь как первое приближение и не могут использоваться в качестве предпосылок для построения более строгих моделей. Поэтому можно лишь приветствовать появление работ, в которых разрабатываются численные модели термической истории впадины или ее отдельных участков с учетом изменения геотермического градиента с глубиной и во времени (Галушкин, Яковлев, 2007). Так, моделирование, примененное в отмеченной работе, было основано на предположении, что для литосферы северной бортовой зоны впадины был характерен режим стационарного остывания – от начального «эпифитового» состояния литосферы с повышенным тепловым потоком на поверхности (60–100 мВт/м<sup>2</sup>) в среднем девоне до известных современных значений теплового потока. Было принято, что эволюция геотермического режима должна согласовываться с вариациями амплитуд тектонического (конседиментационного) погружения поверхности фундамента осадочного бассейна. Расчеты показали, что температурный режим пород осадочного чехла заметно меняется в зависимости от скорости и амплитуды погружения

бассейна, а также от литологии пород и особенно от мощности и глубины погружения толщи кунгурских эвапоритов<sup>3</sup>. Авторы исследования отчетливо сознают неопределенность некоторых своих решений и результатов, а также то, что «влияние отмеченных выше изменений температур на степень созревания ОВ будет тем заметнее, чем древнее срок формирования соляных диапиров. И, напротив, оно было бы пренебрежимым, если бы диапиры сформировались в недавнее время. Но время формирования, как и скорости роста соляных диапиров не известны, поэтому проблема остается открытой» (Галушкин, Яковлев, 2007, с.700). С последним нельзя не согласиться: имеется достаточно фактов о тектонической активности соляных куполов на протяжении всего мезозоя и кайнозоя, и особенно на неотектоническом этапе, несмотря на то, что до сих пор общепринято мнение о завершении роста соляных куполов в Прикаспийской впадине еще в триасе.

Говоря о роли соленосного комплекса кунгура как флюидоизолирующего фактора в недрах впадины, необходимо указать на широкое развитие аномально высоких пластовых давлений (АВПД) в породах подсолевого комплекса, начиная с глубин 3700 м, особенно заметно растущих по мере перехода от бортовой зоны впадины к ее внутренним частям. Так, в саратовском секторе бортовой зоны в отложениях среднекаменноугольно-верхнедевонского возраста, вскрытых глубокой скв. 1 Черная Падина в интервале 5856–5865 м, значение АВПД составляет 114 МПа при температурах 100–132°C (здесь же получены слабые притоки газа, на 91–93% состоящего из метана).

Существование таких давлений, скорее всего, следует связывать с последними импульсами неотектонической активизации региона, так как даже при самых неблагоприятных условиях миграции флюидов время релаксации АВПД до нормальных гидростатических значений не должно превышать нескольких миллионов лет (Котровский, 1986; Osborne, Swarbrick, 1997). Но это соображение важно и в другом плане: раз время релаксации АВПД так мало, то это означает, что флюид, его обеспечивающий, идет с глубины и в настоящее время, и, скорее всего, не может быть связан с тем предполагаемым многими геологами-нефтяниками потоком углеводородов, который генерировался, по их представлениям, в породах «нефтематеринских» толщ в ходе погружения подсолевого комплекса палеозоя Прикаспийской впадины. Ведь невозможно себе представить, чтобы этот гипотетический поток УВ мог под-

2 Решение подобной задачи, в частности, численное, до сих пор представляется весьма сложным, так как отсутствуют оценки некоторых важных и необходимых параметров, например распределения температуры в недрах и влияния ее на теплопроводность и вязкость вещества среды. Нам известны приближенные решения задачи в рамках постулируемой гравитационной гидродинамической неустойчивости Рэлея–Тейлора (без учета температурного фактора), дающие в целом основание для дальнейшего развития моделирования процессов соляного диапиризма (Осипова, 1997).

3 Постановка проблемы в этой работе (о влиянии соленосных отложений на условия нефтегазогенерации породами подсолевого комплекса на северном борту Прикаспийской впадины) для нашего обсуждения не представляет интереса, так как выполненные ее авторами численные реконструкции геотермической истории используются ими в рамках органической гипотезы образования нефти для сравнения с катагенетической историей органического вещества в осадочных толщах впадины и прогнозирования потенциала генерации УВ породами подсолевого комплекса.



держиваться на таком уровне давлений столько времени (порядка 200–250 млн лет).

Данные о распределении современных пластовых давлений в залежах нефти, в том числе и аномально высоких, в палеозойских карбонатных массивах известных месторождений свидетельствуют о том, что они (месторождения) тесно связаны с **общей для Прикаспийской впадины флюидодинамической системой, которая и в настоящее время способствует процессам формирования залежей УВ и гравитационного перераспределения флюидов.** Этот важнейший вывод, сделанный на примере Тенгизского месторождения (Постнова, Меркулов, 1998), оказывается верным и для таких крупных месторождений нефти, газоконденсата и природного газа, как Астраханское, Карачаганакское, Оренбургское и других, расположенных во внутренней прибортовой зоне Прикаспийской впадины. Примечательно, что в породах нижнего продуктивного этажа Карачаганакского месторождения, принадлежащих среднему девону и франскому ярусу верхнего девона, на глубинах 5700–5800 м (франский ярус) и 6120–6256 м (средний девон) были определены значительные дебиты нефти, насыщенной газом, дебит которого в первом случае составил 18,5 тыс. м<sup>3</sup>/сут., а во втором, при пластовом давлении 94,5 МПа – 73,1 тыс. м<sup>3</sup>/сут. (Марченко, 2002). Многоэтажность в расположении залежей нефти и газоконденсата этого месторождения, как и многих других, вместе с данными о присутствии промышленных залежей нефти на глубинах, превышающих 6 км, растущая с глубиной насыщенность их газом, еще более укрепляют вывод о существовании здесь мощной глубинной флюидодинамической системы, функционирующей до настоящего времени. В пределах южного погружения Бузулукской депрессии и в примыкающей к депрессии бортовой зоне Прикаспийской впадины залежи ряда нефтегазоконденсатных месторождений были установлены в отложениях верхнего-среднего девона на необычно больших для Волго-Уральской нефтегазоносной провинции (НГП) глубинах – от 4,0 до 4,5 км, где господствуют высокие пластовые давления (до 55 МПа) и температуры (до 100°C). Жесткие термобарические условия способствуют появлению большого количества растворенного газа (500–1000 м<sup>3</sup>/т и более) и в связи с этим обуславливают чрезвычайно низкую, иногда сопоставимую с газом вязкость нефти, что сближает эти смеси с газоконденсатными системами. Эти особенности фазового состава и свойств залежей могут быть связаны с возможным присутствием на глубине во внутренней части прибортовой зоны Прикаспийской впадины подпитывающей их мощной флюидодинамической системы.

В составе глубинного флюида должны присутствовать в первую очередь углеводороды – метан и его производные, а также тяжелые газовые компоненты в виде алканов, алкенов, алкинов,

нафтен и аренов (Зубков и др., 1998). Экспериментально показано, что все они принадлежат термодинамической системе С–Н, в пределах которой они выступают как компоненты, стабильность и соотношение которых определяются условиями равновесия при высоких температурах и давлениях (1150–2300°C и 45–250 кбар). Эти результаты, а также аналитические данные по составу флюида в глубинных породах и минералах (например, Кулакова и др., 1982; Крот и др., 1993; Sugisaki R., Mimura K., 1994) в полной мере подтвердили выводы Э. Б. Чекалюка о неустойчивости метана в верхней мантии и принципиальной возможности термодинамически равновесного существования тяжелых УВ в ее условиях (Чекалюк, 1967). Находящиеся здесь в смеси с водородом тяжелые УВ в узком интервале давлений 31–45 кбар и температур 927–1127°C сменяются метаном, стабильным в литосфере.

В составе глубинного флюида, кроме УВ, обычны CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, N и He, что следует из данных по составу природного газа и газовой фазы нефтей различных нефтегазоносных провинций. Так, несколько больше половины объема газа Астраханского газоконденсатного месторождения составляют метан CH<sub>4</sub> и его гомологи, а другую, «меньшую» половину, в почти равных долях – CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>S. В заметно повышенном содержании обнаруживается гелий. Его содержания в нефтях Волго-Уральского нефтегазоносной провинции варьируют в очень широких пределах – от 0,00035 до 1,94 м<sup>3</sup>/т и в целом быстро растут с глубиной (с «возрастом вмещающих пород»): в залежах среднедевонских отложений гелия в 44 раза больше, чем в породах пермского возраста. Современные исследования показали, что «... концентрация He в нефтях в большей мере определяется их газовым составом, а не возрастом вмещающих пород или их положением в геологическом разрезе. Такая связь (корреляционная. – Авт.) He с содержаниями газовых углеводородов возможна только в том случае, если его содержание определяется не его генетическими факторами, а термодинамическими свойствами и процессами формирования нефтей» (Бобров, Тихомиров, 2006, с. 149). Многие нефтяные залежи Волго-Уральской НГП испытали сильнейшие процессы дегазации после своего формирования (их газовый фактор не превышает 10 м<sup>3</sup>/т), и поэтому они, как правило, резко обеднены гелием. В среднем его содержание в них составляет 0,0026 м<sup>3</sup>/т. Данные изотопии (<sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He) указывают на радиогенную природу гелия и отсутствие в нем примеси атмосферного и мантийного гелия, тем самым подтверждая гипотезу глубокой дегазации нефтяных залежей. Такая дегазация могла привести к почти полной потере не только первоначального гелия, но и метана и его гомологов.

В то же время в докембрийском кристаллическом фундаменте Татарского свода глубокими скважинами обнаружены зоны повышенной



трещиноватости, которые насыщены флюидом. Плотность теплового потока здесь достигает  $85,8 \text{ мВт/м}^2$ , что в 2 раза выше средней его величины в фундаменте Волго-Уральской НГП. В составе газа, растворенного в подземных водах на этой глубине, зафиксированы метан и его гомологи (30,0%), азот (55,2%), водород (8,3%) и гелий (5,2%). По-видимому, состав этого газа ближе всего к первичному глубинному флюиду, обогащенному радиогенным гелием.

В газонасыщенных нефтях (газовый фактор превышает  $100 \text{ м}^3/\text{т}$ ) с высоким содержанием метана гелий ведет себя иначе: его концентрации при общем широком диапазоне вариаций могут достигать  $2 \text{ м}^3/\text{т}$ , часто оставляя далеко позади уровень генерационного потенциала вмещающих пород (относительно радиогенного гелия). При этом содержания гелия обнаруживают прямую зависимость от содержаний метана и его гомологов. Весьма показательно, что все газовые компоненты этих нефтей в своих содержаниях взаимно связаны и поэтому должны отражать общие для них процессы формирования и перераспределения флюида. Таким образом, нефтяные залежи Волго-Уральской НГП, по-видимому относятся к двум основным типам: а) интенсивно дегазированным (вероятно, более ранним) и б) газонасыщенным и слабее дегазированным (вероятно, более поздним), а также смешанным в той или иной степени.

Весьма важное значение для суждения о составе первичного флюида и об условиях образования из него УВ нефтей имеет начальное содержание гелия, существовавшее в нефти до ее дегазации. О нем можно судить по распределению гелия в нефтяном газе и нефти, по отношениям гелия с метаном и его гомологами. Эти данные показывают, что начальная концентрация гелия могла достигать или даже превышать уровень в  $2 \text{ м}^3/\text{т}$ , т. е. примерно на 2 порядка быть больше максимально возможного количества, продуцируемого породами осадочного чехла (Бобров, Тихомиров, 2006). Следовательно, несмотря на значительную дегазацию нефтей и потерю большей части гелия, его источником мог быть только мантийный флюид.

Нефтяные, газонефтяные и газоконденсатные залежи в подсоловом комплексе Прикаспийской НГП, как правило, относятся к газонасыщенным, нередко с очень высоким газовым фактором (порядка  $500\text{--}1000 \text{ м}^3/\text{т}$ ). Имеющиеся данные позволяют предполагать существование в северной и западной бортовых зонах Прикаспийской впадины **зональности** в распределении типов залежей УВ по их компонентному и фазовому составу. В частности, в пределах северной бортовой зоны от ее внешней границы внутрь впадины установлено увеличение содержания в нефтях конденсатов, возрастание их плотности, уменьшение выхода легколетучей бензиновой фракции (рис. 3), что является закономерным следствием роста глубины залежей, температуры и давления (Ботнева

и др., 1988). На юго-западе впадины, в пределах Астраханского свода также отмечается увеличение в составе газоконденсата доли тяжелых УВ в направлении с юга на север (внутри впадины). Так, в составе газоконденсата Алексеевского месторождения и основной залежи Астраханского газоконденсатного месторождения преобладают легкие УВ, а на севере свода, в скв. 1, 2 Георгиевских, 1 Харабалинской из тех же башкирских отложений получены притоки нефти.

Термобарические условия в пластах нефтяных и газоконденсатно-нефтяных месторождений подсолового комплекса северной бортовой зоны соответствуют глубинам развития АВПД (аномально высоких пластовых давлений). Для нефтяных залежей здесь характерны высокий газовый фактор (до  $900 \text{ м}^3/\text{т}$ ) и чрезвычайно низкая, сопоставимая с газом, вязкость ( $0,07\text{--}0,3 \text{ МПа с}$ ), а также высокое содержание конденсата в газе ( $500\text{--}700 \text{ см}^3/\text{м}^3$  и даже  $1200 \text{ см}^3/\text{м}^3$  – в Карачаганаке). Среди газовых компонентов небольших газоконденсатно-нефтяных залежей саратовского сектора бортовой зоны преобладает метан (89–93%), на последующих местах находятся его гомологи (4–5%), азот (1–4%), углекислый газ (1–3%), гелий (0,10–0,15%) и водород (0,01%) (данные по Ольховскому и Чернушинскому месторождениям) (Кочетков, Тетерин, 2004). Иная картина наблюдается на крупнейших Оренбургском, Карачаганакском и Астраханском газоконденсатных месторождениях, отличающихся повышением содержаниями серы. В составе газа Астраханского месторождения  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$  принадлежит до половины его объема, а остальная часть – метану и его гомологам. Сероводород газа Астраханского месторождения обогащен тяжелым изотопом серы (среднее  $\delta^{34}\text{S} = +12,6\%$ ) – точно так же, как и конденсаты (среднее  $\delta^{34}\text{S} = +7,2\%$ ). Сероводород конденсатов и нефтей Карачаганакского месторождения, несколько менее обогащенный тяжелым изотопом серы, с глубиной «утяжеляется»: величина  $\delta^{34}\text{S}\%$  меняется от  $-2,8$  (в нижнепермских отложениях) и  $+3,4$  (в каменноугольных) до  $+8,1$  (в девонских). Данные изотопии углерода конденсатов и нефтей этих месторождений обычно свидетельствуют о заметном их обогащении легким изотопом  $^{12}\text{C}$  на уровне  $-27,0\text{--}30,0\%$  (Панкина, Максимов, 1985). Установлено, что процессы миграции влияют на изотопный состав углерода конденсатов: при их движении через разные по составу породы наблюдается отчетливая тенденция к увеличению содержания в них  $^{13}\text{C}$ , а в нефтях при тех же условиях, напротив, растет содержание легкого изотопа. Подобные явления, как считают, могут быть связаны с выделением из гомогенной газоконденсатной смеси жидкой фазы, которая обогащается легким изотопом углерода.

Существенно более важным индикатором мантийного генезиса УВ и других компонентов нефтей и газоконденсатов может оказаться отношение изотопов гелия  $^3\text{He}/^4\text{He}$  и его распределе-

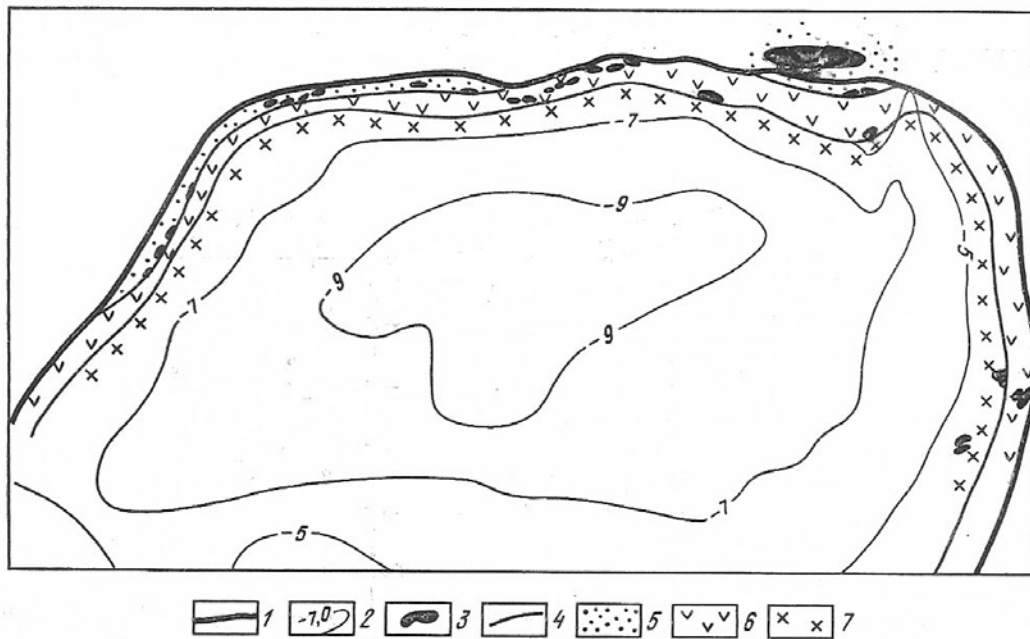


Рис. 3. Карта возможного зонального распределения конденсатов (по их плотности и другим параметрам) в породах  $C_2-P_1$  подсолевого комплекса Прикаспийской впадины (по Ботневой и др., 1988): 1 – граница впадины; 2 – изогипсы поверхности подсолевого комплекса; 3 – месторождения нефтяные, нефтегазоконденсатные и газоконденсатные; 4 – границы зон распространения конденсатов различной плотности; зоны: 5 – с плотностью конденсатов менее  $0,75 \text{ г/см}^3$ , выходом бензинов более 75%, содержанием метановых УВ в бензинах менее 50%, выходом конденсата менее  $100 \text{ см}^3/\text{м}^3$ ; 6 – с плотностью конденсатов  $0,75-0,80 \text{ г/см}^3$ , с выходом бензинов 50–75% и более, содержанием метановых УВ в бензинах менее 50%, выходом конденсата  $100-500 \text{ см}^3/\text{м}^3$  и более; 7 – с плотностью более  $0,80 \text{ г/см}^3$ , выходом бензинов менее 50%, содержанием метановых УВ в бензинах более 50%, выходом конденсата более  $500 \text{ см}^3/\text{м}^3$

ние в залежах УВ в осадочном чехле Прикаспийской впадины. На материале исследований многих регионов России установлено, что это отношение коррелируется с наблюдаемым тепловым потоком  $Q$  (Polyak, Tolstikhin, 1985; Polyak et al., 2000):

$$Q = 6,99 \lg(^3\text{He}/^4\text{He} \cdot 10^8) + 37.$$

Кроме того, это отношение может помочь в определении доли коровой и мантийной составляющих в тепловом потоке, так как между ними существует регрессионная зависимость типа

$$Q_c/Q_m = 0,815 - 0,300 \lg_e (^3\text{He}/^4\text{He})^*,$$

где  $Q_c/Q_m$  – отношение корового и мантийного компонентов теплового потока,  $(^3\text{He}/^4\text{He})^*$  – отношение изотопов гелия, нормированное по атмосферному отношению его изотопов, равному  $1,39 \cdot 10^{-6}$  (Wang, 2001). Соответственно по этой формуле можно предсказать соотношение изотопов гелия в глубинном флюиде, если известно соотношение корового и мантийного компонентов теплового потока и, разумеется, есть основания считать однотипными сравниваемые осадочные бассейны. По-видимому, при соотношении между коровым и мантийным компонентами теплового потока, близком для Прикаспийской впадины к 1

(как мы показали выше, это представляется нам наиболее вероятным), нормированное отношение  $(^3\text{He}/^4\text{He})^*$  во флюиде должно быть равно  $0,6-1,0$ , что близко, например, к установленным величинам для осадочного бассейна Паннонской впадины в Европе. Величина самого изотопного отношения для гелия Прикаспийской впадины таким образом может оказаться на уровне известных значений для земной коры Скифской плиты ( $0,5-1,5 \cdot 10^{-7}$ ), где, кстати, коэффициент корреляции между отношением  $^3\text{He}/^4\text{He}$  и тепловым потоком равен  $0,7108$  (Polyak et al., 2000).

Однако здесь мы находимся в самом начале пути, так как прямых данных по изотопии гелия по Прикаспийской впадине не имеется (во всяком случае, они нам не известны). Нам остается лишь надеяться, что такие исследования будут проведены в недалеком будущем. В первую очередь важно изучение распределения концентраций гелия и его изотопии, а также метана и его гомологов, азота, сероводорода и углекислого газа. При этом следует поставить следующие вопросы: как могут выглядеть картины распределения этих газов, а также изотопов гелия, серы и углерода в газовых, газоконденсатных и нефтяных залежах, каковы их соотношения в зависимости от глубины залегания





и удаления от бортовых зон впадины? Пока что можно высказать предположение, что в отличие от смежной Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, где практически весь гелий имеет, скорее всего, радиогенную природу, Прикаспийская НГП, не имеющая древнего кристаллического фундамента гранитно-метаморфического состава, должна характеризоваться повышенным уровнем содержания мантийного гелия. Повышенное содержание гелия установлено в залежах по всему разрезу Оренбургского и Астраханского месторождений, а также во многих месторождениях примыкающей с северо-запада и запада Нижневолжской нефтегазоносной области, где в прибортовой зоне Прикаспийской впадины они образуют несколько линейно выраженных зон, обрамляющих Саратовские дислокации, Карамышскую депрессию и Степновский сложный вал. Гелиеносные месторождения УВ известны и в Бузулукской депрессии, где они четко следуют в виде субширотных линейных зон вдоль флексурных перегибов и разломов в палеозойских отложениях. Самая южная из этих зон включает Зайкинское, Восточно-Зайкинское и Давыдовское месторождения.

Анализ пространственных вариаций изотопно-гелиевого отношения (наряду с изучением плотности глубинного теплового потока) внутри НГБ Прикаспийской впадины может оказаться важнейшим средством прямого выявления следов процесса тепломассопереноса из мантии в земную кору и косвенного изучения внутрибассейновой миграции УВ-содержащих флюидов.

К сказанному добавим, что в составе газоконденсата Астраханского, Оренбургского и многих других месторождений обнаруживается повышенное содержание ртути, а нефть и нефтешламы содержат также примеси некоторых металлов (в том числе U, Th, РЗЭ). Над залежами многих газовых и газоконденсат-нефтяных месторождений Саратовского Правобережья и Оренбургского Приуралья близ поверхности в неоген-четвертичных отложениях установлено присутствие киновари и сульфидов других металлов (Тищенко, Молчанова, 1970). Оценке роли ртути как индикатора участия мантийного флюида в формировании месторождений углеводородов, в том числе и месторождений Прикаспийской впадины, посвящены серьезные исследования, результаты которых имеют фундаментальное значение (Озерова и др., 2007).

По данным современных гидрогеологических исследований в целом для саратовского сектора Прикаспийской впадины отмечается высокая степень гидродинамической закрытости недр, что гарантирует сохранение скоплений УВ (Клычев, Гонтарев, 2007). Существующая здесь в подсолевом палеозойском комплексе водонапорная система характеризуется элизионным режимом, создающим мощный поток из недр Прикаспийской впадины в пределы ее бортовой

зоны и обрамления. Этот элизионный поток установлен, например, на прилегающей с севера территории Волго-Уральской антеклизы в самом нижнем – додевонско-среднедевонском – водонапорном комплексе на расстоянии до 70–80 км от бортового уступа, а на северо-западе – в створе Пачелмского авлакогена – до 120–150 км. Вместе с данными о распределении АВПД эта картина свидетельствует о том, что во внутренней части Прикаспийской впадины существует высокая гидродинамическая напряженность. Растущие по мере приближения к внутренней части впадины и, очевидно, с глубиной, содержания водно-растворенных газов и в последних – доли метана и сопутствующих УВ (почти до 100%), по нашему мнению, прямо указывают на глубинную связь с флюидным потоком. Интересно, что во внутренней прибортовой зоне Прикаспийской впадины (в зоне развития АВПД) не отмечается латерального движения пластовых вод в нижних водонапорных комплексах, подобного тому, что установлен в бортовой зоне впадины. Воды, здесь присутствующие, отличаются пониженной минерализацией (не более 55–183 г/л) и в то же время самой высокой степенью метаморфизации ( $K_m = 6$  и более). Для них характерны высокие, вплоть до промышленных, содержания брома, йода, бора, калия, лития, стронция, рубидия, цезия и других химических элементов. Минерализация этих вод закономерно уменьшается с погружением пород в юго-восточном направлении, в сторону внутренней части впадины. Не вдаваясь здесь в дискуссию по поводу генезиса этих загадочных вод, мы считаем возможным предположить, что содержащиеся в них летучие и подвижные элементы, а также газы (в том числе и гелий) имеют глубинное и, скорее всего, мантийное происхождение. Появление глубинных, слабо минерализованных («разбавленных» до 50–100 г/л) вод может быть обусловлено вертикальной миграцией флюида вдоль тектонических нарушений, соединяющих зоны разуплотнения внутри корового волновода с областью нефтегазонакопления в верхней части земной коры (Дмитриевский и др., 2003).

В последнее время к представлениям о глубинном источнике УВ и масштабной вертикальной их миграции приходят и другие исследователи. Так, по мнению Горькова (2010), одной гипотезы латеральной миграции УВ оказывается недостаточно для объяснения истории формирования залежей нефти и газа (слишком очевиден контроль разрывно-блоковой тектоники палеозоя и кристаллического фундамента в их распределении). Поэтому наиболее правдоподобным является предположение о том, что месторождения нефти и газа, известные в отложениях карбона и, вероятно, девона Саратовского Правобережья, «сформировались в основном за счет вертикальной миграции органических соединений углерода и водорода по разломам из глубоких недр земли, где они (УВ) образуются в результате сложных



химических реакций в условиях высоких давлений и температур» (Горьков, 2010, с. 42). При таком подходе становится понятным, откуда берется нефть в молодых, сформированных в предкачагальское время, локальных инверсионных поднятиях. Ничто не мешает распространить эти выводы и соображения на территорию всей Прикаспийской впадины.

В заключение сделаем выводы.

1. Наблюдаемое в подсолевом комплексе Прикаспийской впадины распределение температур, геотермический режим и поддерживающий его тепловой поток пространственно и во времени тесно связаны с распределением в ее недрах высоких и аномально высоких пластовых давлений (АВПД) в насыщающих эти недра флюидах.

2. Тепловой и флюидный потоки во впадине тесно связаны не только пространственно, они имеют одно – глубинное – происхождение и общие пути своего движения. По существу, эти потоки являются проявлением общего процесса тепло-массопереноса, осуществляемого глубинным мантийным флюидом.

3. Поликомпонентная система этого флюида при переходе из астеносферной мантии меняется, отражая термодинамические условия литосферы и приобретая известный нам фазовый и компонентный характер. Однако во флюиде продолжают присутствовать компоненты-индикаторы его глубинного происхождения (гелий, ртуть). Дальнейшие преобразования его состава связаны с миграцией и формированием скоплений УВ на определенных уровнях внутри впадины, их дегазацией, а также локализацией выделившихся УВ в виде залежей, их дифференциацией по фазовому составу на газовые, конденсатные и нефтяные.

4. Выявленная к настоящему времени картина термобарических условий и распределения УВ-флюидов лучше всего может быть объяснена как следствие определенного состояния геодинамического режима впадины на новейшем и современном этапах ее развития. Эта картина обусловлена действием общей для Прикаспийской впадины флюидодинамической системы, которая способствует продвижению глубинных флюидов и потоков тепла в ее недра, развитию процессов миграции и формированию залежей УВ.

Мы оставили в стороне традиционные для большинства геологов-нефтяников теоретические представления, сложившиеся за последние десятилетия развития гипотезы органического происхождения углеводородов. Эти представления с тех пор мало чем изменились, а прогностические возможности их оставляют желать лучшего. Некоторые положения данной гипотезы («теории») находятся в противоречии с современным состоянием знаний и накопившимися фактами, игнорировать значение которых далее невозможно. Необходим поиск новых путей в решении проблемы на материале региональных исследований, основанных на альтернативных

положениях гипотезы глубинного мантийного происхождения углеводородов. Надеемся, что непредубежденный читатель найдет в изложенном материале, его анализе и трактовках известных и вновь выявленных закономерностей нечто полезное, что позволит ему продвинуться далее в исследовании затронутой проблемы.

## Библиографический список

- Бобров В. Е., Тихомиров В. В. Избыток гелия в нефтях Волго-Уральского НГБ // Генезис углеводородных флюидов и месторождений. М., 2006. С. 147–159.
- Ботнева Т. А., Нечаева О. Л., Грайзер Э. М. Прогнозирование состава конденсатов Прикаспийской впадины // Геология нефти и газа. 1988. № 6. С. 42–45.
- Галушкин Ю. И., Яковлев Г. Е. Влияние соленосных отложений на условия нефтегазогенерации породами подсолевого комплекса (северный борт Прикаспийской впадины) // Геохимия. 2007. № 7. С. 691–703.
- Гордиенко В. В., Завгородняя О. В. Тепловое поле юго-восточной части Русской плиты // Геофизический журнал. 1986. Т. 6. № 6. С. 3–11.
- Горьков Ю. Д. Миграция и аккумуляция углеводородов в условиях разрывно-блоковой тектоники (на примере Саратовского правобережья) // Недра Поволжья и Прикаспия. 2010. Вып. 61. С. 34–43.
- Дальян И. Б. Геотермия подсолевых нефтегазоносных комплексов восточной окраины Прикаспийской впадины // Сов. геология. 1986. № 12. С. 35–39.
- Дмитриевский А. Н., Баланюк И. Е., Донгарян А. Ш., Каракин А. В., Повешенко Ю. А. Современные представления о формировании скоплений углеводородов в зонах разуплотнения верхней части коры // Геология нефти и газа. 2003. № 1. С. 2–8.
- Камбаров Н. Ш. Геодинамика и нефтегазоносность Прикаспийского осадочного бассейна // Вестн. ОГГГН РАН. 2000. № 3(13).
- Клычев Н. В., Гонтарев В. В. Использование гидрогеологических критериев для оценки региональных условий нефтегазоаккумуляции (на примере додевонско-среднедевонских отложений территории Саратовской области) // Недра Поволжья и Прикаспия. Вып. 51. 2007. С. 17–22.
- Костюченко С. Л., Солодилов Л. Н., Федоров Д. Л. Глубинная структура Прикаспия и ее влияние на перспективы нефтегазоносности // Недра Поволжья и Прикаспия. Вып. 16. 1998. С. 6–10.
- Котровский В. В. Геотермические условия образования и размещения залежей углеводородов в осадочном чехле Прикаспийской мегавпадины. Саратов, 1986.
- Кочетков В. В., Тетерин Ф. И. Экспресс-метод приближенной количественной оценки содержания конденсата в газе по данным испытания газонасыщенного объекта ИПТ // Недра Поволжья и Прикаспия. 2004. Вып. 40. С. 62–68.
- Крот А. Н., Посухова Т. В., Гусева Е. В. и др. Генезис гранатов с углеродными включениями из кимберлитовой трубки Мир // Геохимия. 1993. № 6. С. 891–899.
- Кулакова И. И., Оглоблина А. И., Руденко А. П. и др. Полициклические ароматические углеводороды в минера-



лах // Докл. АН СССР. 1982. Т. 267. № 6. С. 1458–1461.

Кутас Р. И. Тепловое поле и геотермический режим литосферы // Литосфера Центральной и Восточной Европы (обобщение результатов исследований). Киев, 1993. С. 114–135.

Марченко О. Н. К истории и результатам нефтегазопоисковых работ в северо-западной части Прикаспийской впадины // Недра Поволжья и Прикаспия. Вып. 29. 2002. С. 27–31.

Николаев В. А. Геодинамическое районирование Восточно-Европейской платформы для новейшего тектонического этапа : в 3 т. // Тектоника и геофизика литосферы. М., 2002. Т. 2. С. 56–59.

Озерова Н. А., Машьянов Н. Р., Рыжов В. В., Пиковский Ю. И. Ртуть как индикатор участия мантийных флюидов в формировании месторождений углеводородов (на примере газоконденсатных месторождений Прикаспийской впадины) // Фундаментальные проблемы геологии и геохимии нефти и газа и развития нефтегазового комплекса России. М., 2007. С. 65–77.

Панкина Р. Г., Максимов С. П., Гурьева С. М. Образование конденсатов Карачаганакского месторождения по изотопным данным // Геология нефти и газа. 1985. № 11. С. 44–48.

Постнова Е. В. Формирование и эволюция геотермического режима Прикаспийской мегавпадины // Недра Поволжья и Прикаспия. 2004. № 40. С. 3–12.

Постнова Е. В., Меркулов О. И. Анализ моделей строения флюидодинамической системы месторождения Тенгиз // Недра Поволжья и Прикаспия. 1998. Вып. 16. С. 18–24.

Тищенко В. А., Молчанова Л. П. О первых находках в шлихах киновари и других сульфидных минералов на территории Саратовского Поволжья // Докл. АН СССР. 1970. Т. 192, № 6. С. 885–887.

УДК 553.632 (470.45)

## ВНУТРЕННЯЯ СОЛЯНАЯ ТЕКТОНИКА В ГАЛОГЕННОЙ ТОЛЩЕ ГРЕМЯЧИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ

С. А. Свидзинский, С. А. Федоров, Г. А. Московский<sup>1</sup>.

ОАО «ЕвроХим-ВолгаКалий», г. Котельниково

E-mail: SvidzinskySA@yandex.ru

<sup>2</sup>Саратовский государственный университет

E-mail: MoskovskyGA@info.sgu.ru

Поисково-разведочные работы, проведенные на месторождении в 1979–1982 гг. и 2006–2009 гг., позволили подготовить его к промышленному освоению, установив при этом своеобразное проявление в субгоризонтально залегающих галогенных образованиях внутренней соляной тектоники. Критерием оценки степени и характера внутрисоляной тектоники является **будинаж**, т. е. реакция жестких доломит-ангидритовых прослоев, развитых в солях на возникающие тектонические напряжения. При изучении Гремячинского месторождения выявлен будинаж необычной формы: не растяжения, а нагнетания. Опыт изучения внутренней соляной тектоники Эльтонского купола, складчатости Светлоярской антиклинальной структуры и Гремячинского месторождения позволяет обосновать первопричину образования солянокупольных объектов.

Хуторской М. Д., Антипов М. П., Волож Ю. А., Поляк Б. Г. Температурное поле и трехмерная геотермическая модель Прикаспийской впадины // Геотектоника. 2004. № 1. С. 63–72.

Хуторской М. Д., Тевелева Е. А., Цыбуля Л. А., Урбан Г. И. Тепловой поток в солянокупольных бассейнах Евразии – сравнительный анализ // Геотектоника. 2010. № 4. С. 3–19.

Цветкова Т. А., Шумлянская Л. А., Букгаенко И. В., Заец Л. Н. Сейсмотомография Восточно-Европейской платформы // Изменяющаяся геологическая среда: пространственно-временные взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов. Казань, 2007. С. 191–195.

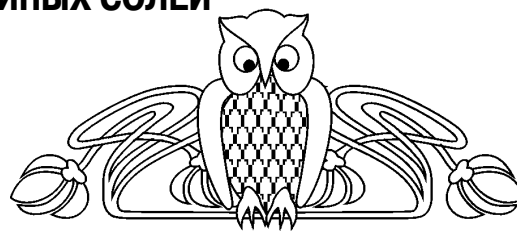
Чекалюк Э. Б. Нефть верхней мантии. Киев, 1967. 256 с.  
Osborne M. J., Swarbrick R. E. Mechanisms for generating overpressure in sedimentary basins: a reevaluation // Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull. 1997. Vol. 81, № 6. P. 1023–1041.  
Polyak B. G., Tolstikhin I. N. Isotopic composition of the Earth's helium and the motive forces of tectogenesis // Chem. geol. 1985. Vol. 52. P. 9–33.

Polyak B. G., Tolstikhin I. N., Kamensky I. L., Yakovlev L. E., Marty B., Cheshko A. L. Helium isotopes, tectonics and heat flow in the Northern Caucasus // Geochim. et cosmochim. Acta. 2000. Vol. 64, № 11. P. 1925–1944.

Smirnov Ya. B., Kutas R. I., Zui V. I. USSR. In Geothermal Atlas of Europe L.; Montreal, 1992. P. 91–101.

Sugisaki R., Mimura K. Mantle hydrocarbons: abiotic or biotic? // Geochem. et cosmochim. acta. 1994. Vol. 58, № 11. P. 2527–2542.

Wang Yang. Is there any relation between helium isotope composition of underground fluids and heat flow in continental areas? // Science in China (series E). 2001. Vol. 44, Supp. P. 186–192.



**Ключевые слова:** складчатость, будинаж, галогенные породы, соляные купола, разведочные работы

### Internal Salt Tectonics within the Halogenic Series in the Gremyachinskoye Potassium Salt Field

S. A. Svidzinskij, S. A. Fyodorov, G. A. Moskovskij

Explorations of 1979–1982 and 2006–2009 have made the field ready for industrial development and have revealed peculiar manifestations of internal salt tectonics within the subhorizontal halogenic bodies. The degree and the character of intrasalt tectonics are estimated according to **boudinage**, i. e. the response of the rigid dolomite-



anhydrite interlayers within the salts to arising tectonic stresses. Upon folding, the interlayers are torn into separate fragments and stretched along the bedding. Examination of the Gremyachinskoye field has revealed uncommon type of boudinage: that of infusion, not of stretching. The experience of studying internal salt tectonics at the Elton dome, folding at the Svetloyarskaya anticlinal feature and folding at the Gremyachinskoye field makes it possible to establish the primary cause of salt-dome unit formation.

**Key words:** folding, boudinage, halogenic rocks, salt domes, exploration.

Гремячинское месторождение калийных солей выявлено и предварительно изучено на поисковой стадии Волгоградской геологоразведочной экспедицией в 1979–1982 гг. [Свидзинский и др., 1986]. В 2006–2009 гг. на месторождении силами ОАО «МХК ЕвроХим» проведена разведка и осуществляется подготовка к его промышленному освоению. Материалы отмеченных поисково-разведочных работ легли в основу излагаемых ниже результатов исследований.

Соляная тектоника определяется как вид складчатости нагнетания, присущий соляным образованиям. Внешними факторами проявления такой складчатости являются различного рода соляные структуры: антиклинали, валы, штоки, купола и т. п.

В связи с тем, что галогенные толщи, участвующие в формировании соляных структур, первично-слоистые и характер их складчатости, как правило, резко отличается от внешних форм, возникли и вошли в практику понятия «внутренняя соляная тектоника» и «внешняя» [Китык, 1970], или «общая» [Иванов, Воронова, 1972] соляная тектоника.

Внешняя соляная тектоника солянокупольных областей сравнительно хорошо изучена в связи с региональными геофизическими работами и глубоким бурением на нефть и газ. Установлены большое разнообразие соляных структур и зависимость их формирования от совокупности многих условий, к которым, прежде всего, относятся региональные тектонические движения.

Что же касается внутренней соляной тектоники, изучение которой приобретает практическое значение при поисково-разведочных работах на минеральные соли, то ни само это понятие, ни специфика её проявления до середины 70-х годов прошлого столетия не имели четкого определения в литературе и различными исследователями трактовались неоднозначно. Ю. А. Косыгин [1958] под внутренней соляной тектоникой подразумевал возникновение деформаций внутри соляной толщи в результате течения солей. В. И. Китык [1970] трактует её как своеобразную деформацию внутри соляной толщи, которая проявляется в дисгармоничной складчатости слагающих эту толщу отдельных слоев соляных пород. Таким образом, оба эти автора, впервые определившие понятие внутренней соляной тектоники, природу её усматривали, прежде всего, в специфических

свойствах солей, в их повышенной, по сравнению с другими породами, пластичности.

Широкомасштабные и детальные исследования проявлений внутренней соляной тектоники были проведены при изучении Эльтонского солянокупольного месторождения калийных солей и Баскунчакской солянокупольной структуры в 1965–1978 гг. В результате были сделаны следующие выводы [Свидзинский, 1992]:

- критериями объективной оценки степени проявления внутренней соляной тектоники в галогенных толщах являются следующие факторы: сохранность первичных текстурно-структурных признаков пород и минералов, наличие дизъюнктивных нарушений, характер складчатости и будинаж;

- для разрезов соляной толщи хорошо изученных солянокупольных структур Эльтон и аскунчак на интервалы со значительно нарушенной, практически невозстановимой первичной слоистостью приходится около 4% от общего количества полученного кернового материала (55,4 тыс. погонных метров);

- соляные отложения в солянокупольных структурах интенсивно дислоцированы, развиты в основном сложные, часто опрокинутые изоклиналильные складки, однако преобладающим типом складчатости является складчатость подобная, а не дисгармоничная; разрывные нарушения, кроме будинажа и весьма редких внутрислойных трещин, практически отсутствуют;

- будинаж широко развит в солянокупольных структурах именно в связи с интенсивным складкообразованием.

Впервые явление тектонического разлинзовывания первоначально единого геологического тела было названо будинажом в 1909 г. М. Лоэстом. С точки зрения В. В. Белоусова [1948], будинаж является следствием неравномерного распределения напряжений в слое, подвергающемся разлинзовыванию. В. Н. Данилович [1949] ввел понятие о «жестких слоях», т. е. таких, вещество которых практически неспособно течь, когда вмещающая порода находится в состоянии течения. По его представлениям, разделяемым Ю. А. Косыгиным [1958], в результате растяжения при складкообразовании жесткие слои разделяются на блоки посредством трещин скалывания и трещин растяжения. Этот механизм обуславливает удлинение слоя, неспособного к пластическому вытягиванию.

Природа и специфика проявлений будинажа в соляных образованиях позволяет сделать вывод, что жесткие сезонные слойки и многолетние прослойки ангидрита, широко развитые в галогенных формациях, служат надежным индикатором степени проявления пластичности солей или внутренней соляной тектоники. Эти слойки чутко реагируют на тектонические воздействия, возникающие при пластических перемещениях вмещающей соляной породы.



При изучении Гремячинского месторождения калийных солей установлен будинаж необычной формы, требующий объяснения своего происхождения.

Продуктивная сильвинитовая залежь здесь располагается в теле соляного массива субгоризонтально с незначительным уклоном в восточном и северо-восточном направлениях (рис. 1). В центральной части месторождения прослеживается несколько малоамплитудных локальных, изометричных по форме, поднятий с превышением 50–70 м на интервале 1,5–2,0 км. Углы залегания в продуктивном слое, а так же перекрывающей и подстилающей каменной соли варьируют от 0° (преимущественно) до 5–10°. Исключение фиксируются в разрезе по скважине № 15, где углы залегания сильвинитовой залежи составляют 45–50°. По всем признакам эта скважина перебурила залежь на крыле отмеченного выше локального поднятия.

Выше сильвинитового пласта погожской ритмопачки залегает мощный (80–100 м) базальный доломит – ангидрит – галитовый пласт антиповской ритмопачки. В этом пласте слои доломит-ангидритовой породы зачастую ломаются, дробятся и располагаются под углами 30–40°. Особенно ярко это проявилось в разрезе

скважин № 13 и 31, на интервалах 1040–1075 м и 1100–1160 м соответственно. Здесь углы залегания пород субвертикальные – 70–90°. Ниже и выше по разрезу в каменной соли и калиеносных породах углы резко выколаживаются.

Мы объясняем подобное явление факторами будинирования «жестких» горизонтов. Однако этот будинаж вызван другими причинами, нежели будинаж при складкообразовании. В данном случае ангидрит-доломитовые слои не растягиваются по слою, а, наоборот, нагнетаются, вздыбливаются внутри слоя, увеличивая в определенных пределах общую мощность жестких горизонтов.

Природа данного явления, по всей видимости, заключается в следующем.

При общем субгоризонтальном залегании галогенной толщи в районе Гремячинского месторождения (южная часть Приволжской моноклинали), в определенные периоды эпигенетической стадии развития бассейна сказывалось воздействие сдавливающего напряжения со стороны либо Воронежской антеклизы (с запада), либо складчатой зоны Восточного Донбасса (с юга), либо одновременно и с запада, и с юга.

Компетентные (более пластичные) породы галогенной толщи отреагировали на такое воздействие образованием отмеченных выше соляных

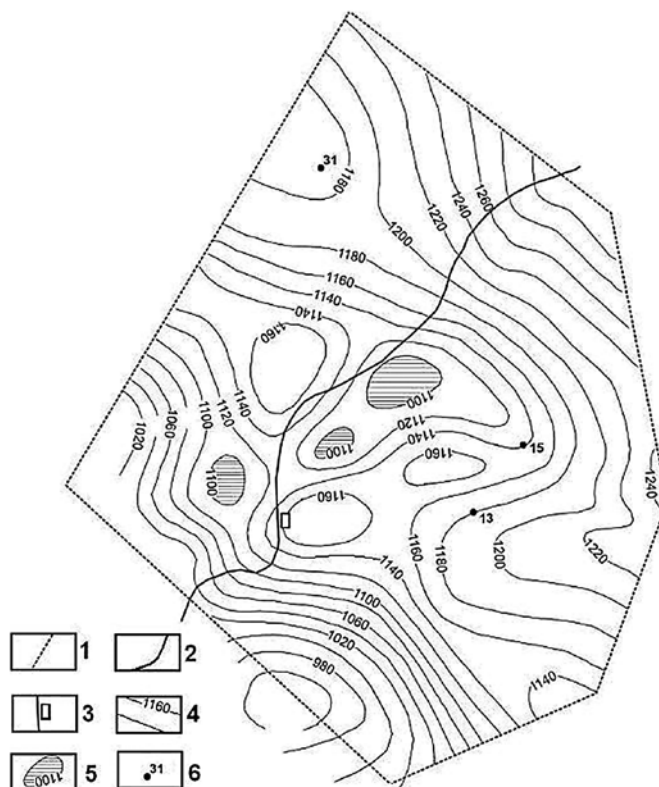


Рис. 1. Гремячинское месторождение калийных солей: 1 – граница лицензионного участка; 2 – железная дорога; 3 – железнодорожная станция Гремячая; 4 – изолинии глубин залегания продуктивного сильвинитового пласта; 5 – своды малоамплитудных соляных антиклиналей; 6 – скважина и её номер



антиклиналей, а на остальной территории – волновых форм. Жесткие же слои ломались, дробились, нагнетая мощность вмещающих пластов в определенных ослабленных (способствующих) зонах.

Таким образом, мы полагаем адекватным и целесообразным подразделить понятие «буди́наж» на буди́наж растяжения (при складкообразовании в солянокупольных структурах) и буди́наж сжатия, или нагнетания, компенсирующий горизонтальные тектонические напряжения на субгоризонтально залегающие соленосные породы.

Как было отмечено выше, внешняя соляная тектоника, вернее созданные под её воздействием формы солянокупольных структур изучались исключительно площадной геофизикой и бурением нефтяных скважин без отбора керна. Отсутствие знаний о внутреннем строении солянокупольных объектов породило большое количество гипотез их образования, основываемых в основном на априорных представлениях о сверхпластичности и даже сверхтекучести солей, создающих дисгармоничную складчатость, другими словами, структурно-стратиграфический хаос, неподдающийся расшифровке.

Изучение внутреннего строения (внутренней складчатости) Эльтонского и Баскунчакского соляных куполов с применением разработанных и надежно апробированных практикой методических приемов [Свидзинский, Московский, 2008], исследование Светлоярской антиклинальной

структуры и моноклиально залегающих соляных пород Гремячинского месторождения позволяют представить образование солянокупольных структур от первопричины, или «первотолчка», до современных форм в следующем порядке (на примере Северо-Прикаспийского солеродного бассейна).

В нижнепермское (кунгурское) время на территории Прикаспийской впадины и восточной краевой зоны Русской платформы (Приволжская моноклираль) накопилась мощная толща галогенных пород (до 1 км на моноклинали и до 2–3 км во впадине). В посткунгурский период, в связи с масштабным (5–10 км) погружением галогенных образований на территории впадины, эти образования претерпели боковое давление со стороны краин или условно береговых линий в связи с естественным сокращением вмещающей их площади с глубиной. В связи с этим первоначально образовалось гофрирование соляных пластов и, в отдельных пунктах возникли малоамплитудные антиклинали.

Погружение соленосных пород на значительные глубины повышает температуру и вертикальное давление. Соляная порода становится податливой с точки зрения формирования складчатости и выдавливания её с синклиналичных участков в антиклинальные. В прибортовых зонах формируются, как правило, соляные антиклинали типа Светлоярской, амплитудой порядка 300–500 м (рис. 2).

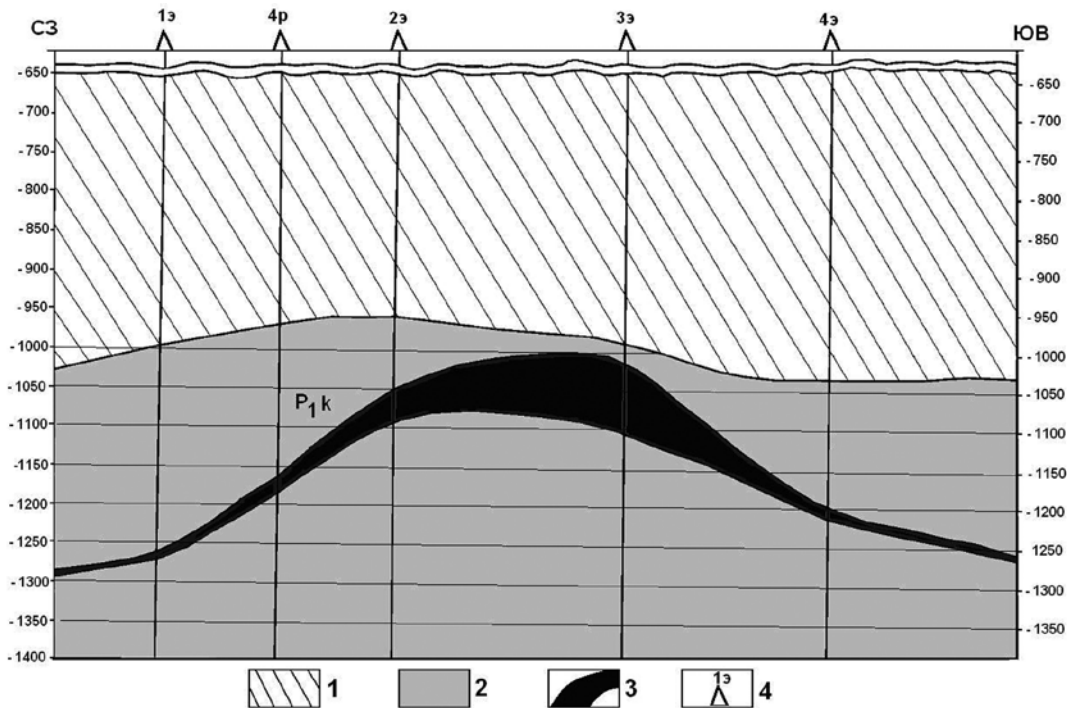


Рис. 2. Светлоярская антиклинальная структура. Геологический разрез по профилю I: 1 – надсолевая толща; 2 – нижнепермские отложения, кунгурский ярус; 3 – своды малоамплитудных соляных антиклиналей; 4 – буровая скважина и её номер (э – эксплуатационная, р – разведочная)



Цепочки таких антиклиналей хорошо прослеживаются вдоль западного борта Прикаспийской впадины. По направлению к центральной части впадины возникают изометричные соляные купола, куда с околокупольных соседствующих территорий собираются (выдавливаются) галогенные породы с образованием интенсивной, однако подобной внутренней складчатости. Процесс этот, по всей видимости, был спокойным и долговременным, о чем свидетельствует отсутствие или очень слабое, практически незначительное проявление дизъюнктивной тектоники, кроме, естественно, будинажа.

#### **Библиографический список**

- Белюсов В. В.* Общая геотектоника. М. ; Л, 1948. 600 с.
- Данилович В. Н.* Некоторые вопросы, связанные с проблемой складчатости напластований // ДАН СССР. 1949. Нов. серия, Т. 68, № 3. С. 15–21.
- Иванов А. А., Воронова М. Л.* Галогенные формации (минеральный состав, типы и условия образования, методы поисков и разведки месторождений минеральных солей). М., 1972. 327 с.
- Китык В. И.* Соляная тектоника Днепровско-Донецкой впадины. Киев, 1970. 201 с.
- Косыгин Ю. А.* Тектоника нефтеносных областей. М., 1958. Т. 1. 516 с.
- Свидзинский С. А.* Внутренняя тектоника солянокупольных структур и методы её изучения. Ростов н/Д, 1992. 152 с.
- Свидзинский С. А., Музалевский М. М., Ковалевский Ф. И.* Гремячинское месторождение сильвинитов // Новые данные по геологии соленосных бассейнов Советского Союза. М., 1986. С. 10–18.
- Свидзинский С. А., Московский Г. А.* Методика поисково-разведочных работ на минеральные соли в условиях солянокупольных структур. Саратов, 2008. 72 с.



## PERSONALIA

### ПАМЯТИ ГЛЕБА ИВАНОВИЧА ХУДЯКОВА

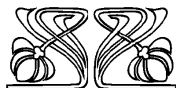
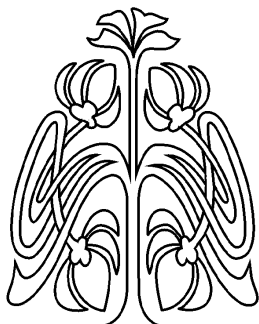
Тринадцатого июня 2011 г. на восемьдесят третьем году жизни скончался Глеб Иванович Худяков – известный геоморфолог, доктор геолого-минералогических наук, профессор, член – корреспондент РАН.

Г. И. Худяков родился в г. Саратове. После окончания в 1946 г. средней школы № 19 учился на геологическом факультете Саратовского государственного университета, который закончил в 1951 году. Уже будучи студентом Глеб Иванович проявил интерес к геоморфологической науке, что на долгие годы определило характер его научной деятельности. После завершения учебы в университете, в 1951 году, он поступил в аспирантуру на кафедру общей геологии геологического факультета СГУ и сразу же отправился в экспедицию – тематическую геолого-геоморфологическую партию. Там он работал над составлением геоморфологической карты и карты четвертичных отложений Саратовского Заволжья.

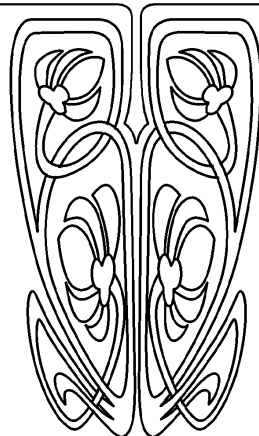
Опыт, полученный в экспедиционных исследованиях, послужил основой научных разработок в геоморфологии и четвертичной геологии. Г. И. Худяков работал геологом, а затем начальником тематической геолого-геоморфологической партии на территории бассейна среднего течения р. Урала. В процессе ведения полевых работ геологами здесь была открыта блоковая структура всего бассейна среднего течения р. Урала, результаты были подтверждены среднемасштабной геологической съемкой, выявлены разломно-флексурная система широтных дислокаций и ряд купольных и брахиантиклинальных структур, три из которых оказались промышленно газоносными. В 1957 г. на базе своих съемочных и тематических работ по Саратовской, Уральской и Оренбургской областям на родной кафедре общей геологии СГУ Худяковым защищена кандидатская диссертация «Геоморфология и новейшая тектоника бассейна среднего течения р. Урал». Оппонентами на защите выступали Юрий Александрович Косыгин и Юрий Александрович Мещеряков, ставший в 1960–70-е годы главой советской геоморфологии.

С 1958 по 1961 г. Глеб Иванович работал на должности старшего научного сотрудника в Сибирском научно-исследовательском институте геологии, геофизики и минералогии сырья – СНИИГГиМС (г. Новосибирск). Там им была составлена морфоструктурная схема Западно-Сибирской плиты и положено начало составления структурно-геологических карт по отдельным локальным поднятиям территории в составе коллектива геоморфологов и геологов-четвертичников. В течение трех лет Западно-Сибирская низменность была исхожена с юга до севера и с запада до востока. Уже здесь была доказана эффективность структурно-геоморфологического анализа в условиях низкоравнинного рельефа Западно-Сибирской низменности. В те годы, когда структурная геоморфология еще не обладала особыми методическими разработками, удалось выполнить районирование Западно-Сибирской низменности по степени ее активности и углеводородной перспективности локальных положительных структур. На этой основе были выявлены десятки локальных поднятий с различной перспективностью для поисковых работ на нефть и газ. Именно здесь были заложены научно-методологические основы тех принципов, которые были применены в дальнейшем и другими геоморфологами к равнинным территориям и сыграли положительную роль в изучении и освоении нефтегазоносных районов.

В 60-х гг. Глебу Ивановичу представилась возможность познания самой сложной и интересной территории Евразийского материка – Дальнего Востока и Северо-Востока. Этот самый плодотворный период



ПРИЛОЖЕНИЯ







научно-исследовательской жизни потребовал три десятка лет.

Громадные просторы Дальнего Востока (Приморье, Приамурье, Якутия, Курилы, Камчатка, Сахалин, Япономорская и Охотоморская впадины), сложнейшее геолого-геоморфологическое строение, множество нерешенных проблем – вот с чем пришлось столкнуться. Впоследствии его ожидали длительные полевые экспедиции по накоплению фактического материала, выявление закономерностей в строении и формировании геоморфологических структур, разработка аспектов теории геоморфологического анализа и синтеза, участие в многочисленных конференциях и симпозиумах.

В 1961 г. Г. И. Худяков назначен заведующим лабораторией геоморфологии и морфотектоники Дальневосточного геологического института Дальневосточного научного центра АН СССР. В 1974 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук на тему «Принципиальные основы морфотектонических исследований». В 1979 г. назначен директором Тихоокеанского института географии Дальневосточного научного центра АН СССР, руководил институтом до 1991 г. В 1980 г. Г. И. Худякову присвоено звание профессора, а в 1987 г. он избирается членом-корреспондентом АН СССР.

Главным итогом своих научных работ на Дальнем Востоке Глеб Иванович считал монографию «История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. Юг Дальнего Востока», которая вошла в 15-томную монографическую серию «История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока». В этой работе впервые были опубликованы материалы о применении при восстановлении истории развития рельефа разработанной Г. И. Худяковым концепции геолого-геоморфологической конформности: рельеф земной поверхности является однопорядковой и однородной конформной частью организующего его геологического пространства. Впервые было доказано, что геоморфологическая структура – явление объемное, возникшее на Земле задолго до новейшей (неоген-четвертичной) геологической истории. Концепция по своему содержанию и применению в методологической теории геоморфологического структурирования Земли вызвала немало споров. Но только спустя 40 лет, научная общественность, ставившая под сомнения справедливость научной концепции, признает в учебниках по геоморфологии, что понятие «морфоструктура» вошло в практику главным образом благодаря работам Г. И. Худякова.

Еще одно из наиболее существенных открытий на Дальнем Востоке сделано совместно с А. М. Паничевым и В. И. Бгатовым – открытие Приморской цеолитоносной провинции. Теоретическое и практическое значение этого события велико для медицины, сельского хозяйства, про-

мышленности сорбентов и экспортной цеолитовой плитки.

Дальневосточные коллеги помнят и ценят Глеба Ивановича как патриота дальневосточной науки. Именно на примере Дальнего Востока им была разработана и представлена концепция географического синтеза, определена главнейшая роль впадин – основных геодинамических систем растущей Земли, открыт эффект интеграции материковых геоморфологических структур в разнопорядковые сегментарные плиты и многое другое.

Опыт Г. И. Худякова не остался незамеченным в других странах: его приглашали на Аляску для консультаций по историко-географическим проблемам этой территории, в Китай для завершения коллективной работы по геоморфологическому строению Азии. Все это позволяет считать его крупнейшим исследователем в области геоморфологии и геоэкологии, достойно отмеченным государственными наградами, среди которых Государственная премия СССР, орден «Дружбы народов», почетный знак «За охрану природы России», медаль «За строительство БАМа», американский знак «Кодак Аляска».

В 1991 г. после возвращения в г. Саратов, Г. И. Худяков был избран заведующим кафедрой геоморфологии и геоэкологии географического факультета и одновременно назначен директором НИИ геологии при Саратовском государственном университете. В это время им создан ряд крупных программ для бассейна Каспия, касающихся основ рационального природопользования и улучшения социально-экологической обстановки этой территории. Под его руководством впервые была проведена научно-общественная экспертиза документов по вводу в эксплуатацию четвертого энергоблока Балаковской АЭС. Данные этой экспертизы послужили основой при проведении государственной экспертизы по эксплуатации пятого и шестого энергоблоков БАЭС. Под руководством Худякова создана «Программа экологизации производства и перехода к рациональному природопользованию на территории Саратовской области». Выдвинутая им концепция позитивных ноосферных структур как наиболее оптимальных форм организации жизни на Земле может быть положена в основу совершенствования межтерриториальных, в том числе и межгосударственных связей.

С 1994 г. Глеб Иванович активно работал над концепцией «Геология, геоморфология и геоэкология растущей Земли», им предложена формулировка концепции растущей Земли, опубликован ряд работ по планетарной и региональной геоморфологии и геоэкологии исходя из концепции растущей Земли и вытекающим из нее практическим следствиям. В его последних работах прослеживается попытка синтезировать имеющиеся сведения о космо-планетарных структурах, которые, в свою очередь, определяют развитие более частных образований, в том числе живого вещества планеты



и наших на ней антропогенных структур с их социально-экономико-политическими системами.

Г. И. Худяков являлся автором и соавтором более чем 250 научных работ, в том числе 14 монографий. Наиболее известными работами являются «Геоморфотектоника юга Дальнего Востока: вопросы теории» (1977), «Экзогенные геоморфологические системы морских побережий» (1990), «Концепция ноосферных структур» (1993) и др. Под редакцией Г. И. Худякова вышло более 30 изданий и свыше 50 сборников научных трудов и материалов конференций. Он был ответственным редактором и главным исполнителем тома «Юг Дальнего Востока», главным редактором научного журнала «Поволжский экологический журнал».

Глеб Иванович Худяков был не только известным естествоиспытателем, организатором науки, педагогом, но и удивительной души человеком. Глеб Иванович пользовался заслуженным авторитетом и уважением среди научно-педагогической общественности как в Саратовской области, так и в Российской Федерации, а его научные труды широко известны и достойно представляют российскую науку за рубежом.

Светлая память о крупном ученом, добром и отзывчивом человеке Г. И. Худякове навсегда сохранится в наших сердцах.

***Коллектив кафедры  
геоморфологии и геоэкологии  
географического факультета СГУ***