

Рис. 3. Клядограмма зверообразных. Закрашенными прямоугольниками отмечены клады, в которых зарегистрировано развитие сенсорных зон и, возможно, вибрисс

рая сформировалась значительно позже в результате комбинации дополнительных «отработанных» ранее морфотипов.

Работа издана при поддержке РФФИ (грант 04-05-64695), Pal SIRP и Палеонтологической ассоциации Великобритании.

#### Библиографический список

1. Broili F. Haare bei Reptilien // Anat. Anz. 1941. Bd.92. P.62–68.
2. Brink A.S. Speculation on some advanced mammalian characteristics in the higher mammal-like reptiles // Paleontologia Africana. 1957. №4. P.77–96.
3. Watson D.M.S. On the skeleton of a bauriamorph reptile // Proc. of the Zoology Society of London. 1931. P.35–98.
4. Valen L. van. Therapsids as mammals // Evolution. 1960. №14. P.304–313.

5. Татаринев Л.П. Развитие системы губных (вибриссовых) сосудов и нервов у териодонтов // Палеонтологический журнал. 1967. №1. С.3–17.

6. Cluver M.A. The cranial morphology of the Lower Triassic dicynodont *Myosaurus gracilis* // Annals of the South African Museum. 1974. №66. P.35–54.

7. Cosgriff J.W., Hammer R.H. New species of Dicynodontia from the Fremow Formation // Antarctic Journal of the United States. 1979. V.14, №5. P.30–32.

8. Haughton S.H. Investigations in South African fossil reptiles and Amphibia Pat 10 Descriptive catalogue of the Anomodontia, with especial reference to the examples in the South African Museum // Annals of the South African Museum. 1917. №12. P.127–174.

9. Angielczyk K.D. Preliminary phylogenetic analysis and stratigraphic congruence of the dicynodont anomodonts (Synapsida: Therapsida) // Palaeontologia Africana. 2001. №37. P.53–79.

10. King G.M. Anomodontia // Handbuch der Paläoherpetologie. Stuttgart, 1988. V.17. 175 p.

11. Surkov M.V., Benton M.J. The basicranium of dicynodonts (Synapsida) and its use in phylogenetic analysis // Palaeontology. 2004. V.47, №3. P.619–638.

12. Татаринев Л.П. О формировании признаков млекопитающих у териодонтов // Палеонтологический журнал. 1965. №1. С.3–12.

13. Татаринев Л.П. К анатомии головы тероцефалов (сосуды, нервы и железы *Moshowaitisia*) // Там же. 1964. №2. С.72–84.

14. Smith R.M.H. Changing fluvial environments across the Permian Triassic boundary in the Karroo basin, South Africa and possible causes of tetrapod extinction // Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 1995. №117. P.81–104.

15. Hillenius W.J. Turbinates in therapsids – evidence for the Late Permian origin of mammalian endothermy // Evolution. 1994. №48. P.207–229.

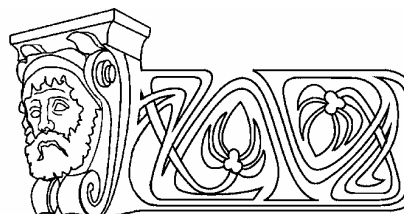
УДК 628.396+504.064.47

## ИЗУЧЕНИЕ НЕОТЕКТОНИЧЕСКОЙ ТРЕЩИНОВАТОСТИ В СВЯЗИ С ОБОСНОВАНИЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СОКОЛОВОГОРСКОГО ПОЛИГОНА ЗАХОРОНЕНИЯ ПРОМСТОКОВ

А.О. Токарский, О.Г. Токарский, Ю.В. Ваньшин

Саратовский государственный университет,  
кафедра гидрогеологии и инженерной геологии  
E-mail: vanshin@sgu.ru

Получаемый при отработке Соколовгорского месторождения углеводородов объем попутных вод подлежит закачке в карбонатные коллектора палеозоя. Для обоснования размеров зон санитарной охраны (ЗСО) коллективом Нижне-Волжского научно-исследовательского института геологии и геофизики была соз-



дана цифровая геологическая модель резервуара закачки, позволившая провести гидродинамическое моделирование и определить параметры ореола растекания. Учитывая анизотропию коллекторских свойств резервуара, к работам были привлечены специалисты кафедры инженерной геологии и гидрогеологии



Саратовского государственного университета. Имеющийся опыт и методические наработки позволили скорректировать распределение параметров проницаемости пластов с учётом трещиноватости.

**Study of Neotectonic Fissuring in Connection with a Substantiation of Ecological Safety of Sokolovogorsky Burial Ground Disposal of Industrial Drains**

A.O. Tokarsky, O.G. Tokarsky, Y.V. Vanshin

Passing waters received at improvement of Sokolovogorsky oil and gas field is subject of injection in the Paleozoic carbon-bearing collector. Digital geological model of the burial reservoir has been created to prove size of sanitary protection zones (ZSP) by the collective of NVNIIGG. This allowed carrying out hydrodynamic modeling and defining of parameters of spreading zone. Taking into account anisotropic properties of the reservoir, experts of chair of engineering geology and hydrogeology of the Saratov state university were involved in the project. Their experience and methodical approaches have allowed correcting distribution of permeability parameters of layers after taking fissuring into account.

Соколовогорская антиклиналь расположена на пересечении доживетского Рязано-Саратовского прогиба, мезозойской Ульяновско-Саратовской синеклизы и Присаратовского мегавала, представляющего собой крупную новейшую структурную форму. Такое центральное положение в пределах «Саратовского тектонического узла», сопровождавшееся разворотом простираний крутого крыла до  $70^\circ$ , по Ю.П. Боброву, предопределило сложную историю формирования структурного плана от начала возникновения складки в эйфельское время [1], перестройки в послебайосское время, и, наконец, формирование структуры на новейшем этапе тектонического развития [2, 3].

В новейшем структурном плане Соколовогорская антиклиналь входит в состав Елшано-Сергиевского вала, в пределах которого суммарная амплитуда новейших поднятий колеблется от 400 м (Соколовогорская антиклиналь) до 875 м (Елшано-Курдюмская антиклиналь).

Формирование Елшано-Сергиевского вала как новейшей структурной формы тесно связано с развитием в послеакчагыльское время крупной Елшано-Сергиевской флексуры, к приподнятому крылу которой приурочена Соколовогорская антиклиналь. Наиболее изученной является Елшано-Сергиевская флексура, представляющая собой крупную новейшую структурную форму, прослеживаемую от р. Медведица на западе до с. Генеральское на востоке. Амплитуда флексуры на участке, примыкающем к Соколовогорскому

поднятию в устье Глебучева оврага, по подошве баррема около 200 м, а в створе с вершиной горы Соколовой около 250 м.

По данным К.А. Машковича [1], Соколовогорское поднятие относится к подтипу «девонских» структур, отражённых в каменноугольных и мезозойских отложениях. Необходимо отметить, что поднятие чётко проявлено в современном рельефе – гора Соколовая с абсолютными отметками 150–170 м. Особенностью современного рельефа Соколовогорской антиклинали является развитие в её пределах «полуобращённого типа выраженности в рельефе, связанное с тем, что юго-восточная периклиналь и восточная половина структуры пространственно совпадают с поймой р. Волги (Волгоградское водохранилище), в которой располагается о-в Зелёный.

Суммарная амплитуда новейших положительных движений в пределах Соколовогорской антиклинали, с учётом денудационного среза и гипсометрического положения акчагыльской абразионной поверхности, оценивается в 390–430 м. Эта величина складывается из толщины уничтоженных денудацией верхнемеловых отложений (98–140 м), палеогеновых отложений (120–138 м) и современных абсолютных отметок водораздельной поверхности (150–167 м).

Соколовогорская антиклиналь чётко выделяется практически по всем морфометрическим показателям. На картах базисных и вершинных поверхностей 2-го и 3-го порядков – это сложный петлеобразный рисунок изобазит с малым заложением и повсеместное развитие скрытого остаточного рельефа высотой от 10 до 25 м (для западной части) и широкое развитие явного остаточного рельефа (о-ва Зелёный) (для восточной части структуры).

Существенной особенностью Соколовогорской антиклинали является то, что эта структура и в настоящее время представляет собой активно развивающееся поднятие, о чём свидетельствуют интенсивно проявляющиеся в её пределах современные экзогенные эрозионные, гравитационные и трещинообразовательные процессы.

Большинство долин в пределах структуры представлены V-образными промоинами 1-го, 2-го порядка, крутостенными прямоли-



нейными оврагами 3-го порядка и их отвершками (овр. Маханый, Сеча), которые следует рассматривать как основные линеаменты, отражающие современную мегатрещиноватость, образующую своеобразную «решётку мегатрещиноватости», характеризующуюся сочетанием СВ-СЗ основных направлений. Характерной особенностью овражно-балочной сети в районе Соколовогорской структуры является врезание верховий в акчагыльскую абразионную поверхность, нередко приводящее к перехвату верховий, изрезанности водораздельного пространства между бассейнами Маханного и Глебучева оврагов (рис.1).



Рис.1. Схема линеаментов

Относительно развития гравитационных процессов следует отметить, что бровки отрыва и надолзневые уступы грандиозных оползней береговой зоны контролируются мегатрещиноватостью северо-восточного простирания, что особенно чётко проявляется в районе 1-го правостороннего отвершка (ныне засыпанного) Маханного оврага. В левом борту оврага, в его правосторонних отвершках и в верховье также наблюдаются небольшие оползневые цирки и оползневые тела, сложенные, как правило, альбскими отложениями.

Таким образом, наличие абразионной акчагыльской поверхности на абсолютных высотах 150–167 м, ярко выраженная эрозивная овражно-балочная сеть, характеризующаяся прямолинейностью (мегатрещиноватость), крутыми склонами и наличие перехватов на водоразделах, а также грандиозные

и локальные оползневые явления свидетельствуют о чрезвычайной активности Соколовогорской антиклинали на современном этапе. Интенсивная трещиноватость меловых и четвертичных отложений и своеобразная «решётка мегатрещиноватости», различная для юго-западного крыла, примыкающего к Елшано-Сергиевской флекуре, и для восточного крыла, большая часть которого в современном рельефе выражена долиной р. Волги, позволяют предположить блоковый характер новейших движений в районе Соколовогорской структуры.

Работы по определению преимущественных направлений трещиноватости проводились параллельно тремя независимыми способами. Во-первых, использовались материалы замеров трещин непосредственно в обнажениях, во-вторых, был применён линеаментный анализ овражной сети, в-третьих, был проведён расчёт направления основных расколов по методике Е.П.Пермякова [4].

В пределах Соколовогорской антиклинали в 1966 г. С.А.Макаровым и О.Г.Токарским были проведены замеры трещиноватости меловых и четвертичных отложений. Обработка фактического материала в объёме 3500 замеров простирания трещин по 18 обнажениям коренных пород и линеаментный анализ, выполненные в рамках настоящего отчёта, позволяют сделать следующие выводы:

1) суммарная роза-диаграмма трещиноватости (рис. 2, а) совпадает по основным параметрам с розой-диаграммой линеаментов бассейна овра. Маханый (рис. 2, б, в);

2) при анализе трещиноватости горных пород и линеаментов необходимо соблюдать бассейновый принцип анализа, т.е. проводить структурно-геоморфологическое и структурно-неотектоническое районирование: а) в случае однотипности распределения линеаментов различных бассейнов их можно объединять и считать однородными по характеру трещиноватости; б) в случае резкого различия в распределении линеаментов бассейны их следует отчленять друг от друга, считая, что они отражают различные структурные элементы (см. рис. 1);

3) структурно-неотектонический трещинный анализ на базе исследования линеаментов позволяет сделать принципиально важные выводы о характере общей трещино-

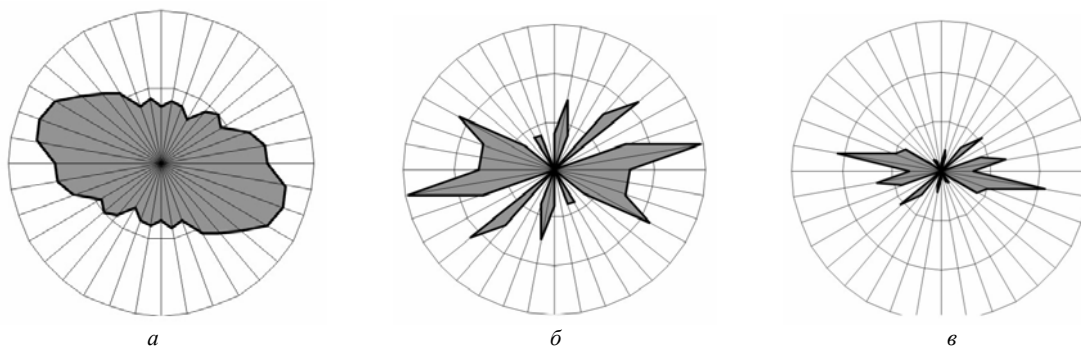


Рис.2. Роза-диаграмма простираний трещин четвертичных и нижнемеловых отложений (а), линейментов 2-го, 3-го порядков бассейна Маханного оврага (б) с учетом длины (в)

ватости массива горных пород и может служить основой для структурных построений по методике Е.П. Пермякова с учётом положения изучаемых объектов относительно структурных элементов;

4) выявленные закономерности взаимосвязи платформенной трещиноватости с тектоническим строением района позволяют на их основе производить не только качественную, но и количественную оценку параметров трещиноватости тех или иных территорий.

Последний вывод даёт возможность прямо рассчитать по данным трещиноватости характеристики и размеры отдельных

структурных элементов и решать обратные задачи по определению параметров главных расколов на основе имеющихся структурных построений. Как показывает практика, высокая для геологических построений достоверность (~85%) достигается при применении методических приёмов, разработанных Е.П. Пермяковым.

По данной методике были проведены расчёты возможных главных направлений развития трещин в пределах замкнутого контура по кровле задано-елецких и подошве евлано-ливенских отложений. Структурные параметры в обеих расчётных схемах (рис. 3)

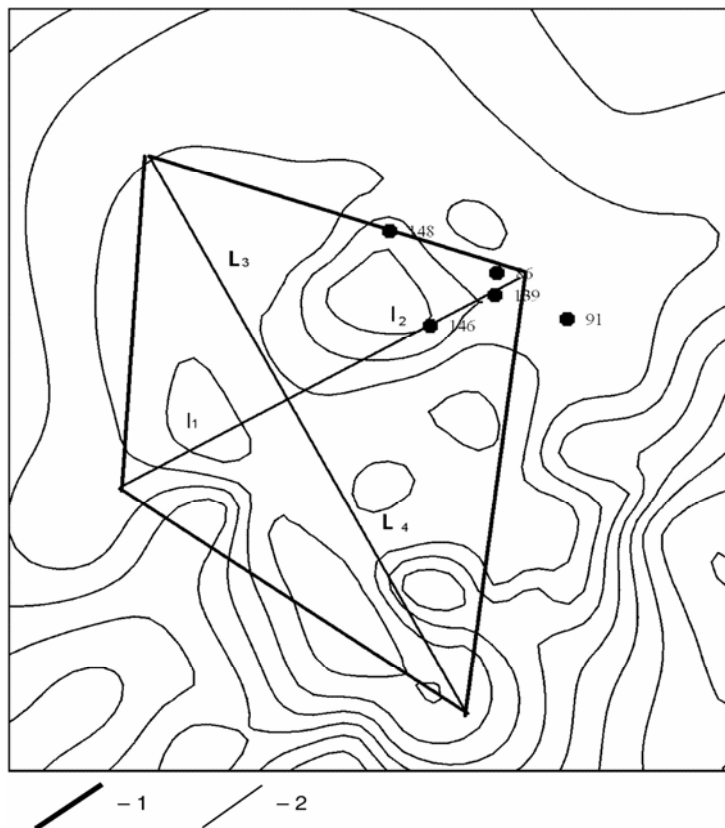


Рис. 3. Расчётная схема Соколовогорской структуры: 1 – линия генерализации свода структуры; 2 – оси структуры; линия генерализации свода структуры; оси структуры; • скважины

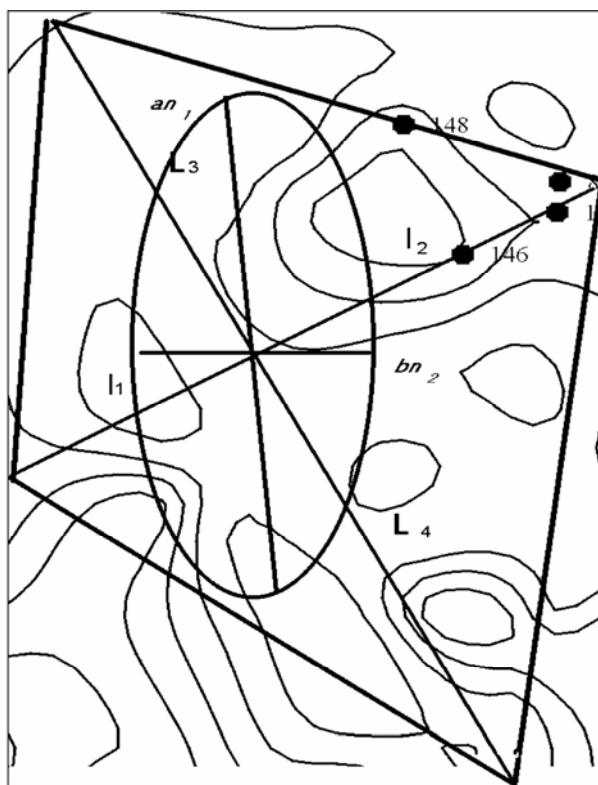


Рис. 4. Схема основных расколов для сводовой части Соколовогорской структуры (условные обозначения см. на рис.3)

сходные, поэтому приводятся осреднённые данные (данные сняты со схемы м-ба 1:25000).

|                   |                                  |                                 |
|-------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| $l_1 = 875$ м     | $x = 45,7$                       | $\operatorname{tg}\beta = 0,98$ |
| $l_2 = 1125$ м    | $z = 35,5$                       | $\beta = 49,5^\circ$            |
| $L_1 = 2000$ м    | $y_1 = 46,7$                     | $a = 340,7^\circ$               |
| $L_3 = 1125$ м    | $y_2 = 35$                       | $b = 240,5^\circ$               |
| $L_4 = 1500$ м    | $\operatorname{tg}\alpha = 1,02$ | $\alpha + \beta = 100,2^\circ$  |
| $L_2 = 2625$ м    | $\alpha = 50,7^\circ$            | $n_1 = 121,4$                   |
| $H = 20$ м        |                                  | $n_2 = 49,5$                    |
| $R^0 = 290^\circ$ |                                  |                                 |

Величины  $an_1$  и  $bn_2$  определяют систему главных расколов для центра структуры. Для расчёта системы расколов в любом месте структуры вводится коэффициент положения, который выражается соотношением  $l/L$ , где  $l$  – расстояние данной точки от последней замкнутой стратоизогипсы, взятое последовательно в направлении, параллельном главным полуосям структуры ( $L$ ), считая от структурного центра.

Данные расчётов позволяют сделать вывод о том, что основные трещинообразующие направления характеризуются следующими параметрами:

- по расчётной схеме азимут простирания главных расколов составляет  $340^\circ$  и  $242^\circ$  при  $n_1 = 121$ ;  $n_2 = 49$  (рис. 4);

- соотношение осей эллипса трещиноватости составляет 2, 5.

Выполненный расчёт подтверждается результатами линеamentного анализа, хорошо согласуется с замерахми тектонической трещиноватости в обнажениях и, по-видимому, полностью определяется новейшей блоковой структурой изученной территории, что предопределяет соответствующую анизотропию фильтрационных свойств массива горных пород, контролируя формирование ореола распространения закачиваемых промыслов.

#### Библиографический список

1. Машкович К.А. Методика поисков и разведки нефти и газа. М., 1961. 130 с.
2. Востряков А.В. Неогеновые и четвертичные отложения, рельеф и неотектоника юго-востока Русской платформы. Саратов, 1967. 354 с.
3. Карта новейшей тектоники Среднего и Нижнего Поволжья м-ба 1:500 000 / Под ред. Ф.И.Ковальского. Саратов, 1981.
4. Пермяков Е.П. Тектоническая трещиноватость Русской платформы. М., 1949. Вып.12(16). 215 с.