

Авторы благодарят А.Н. Маликова, В.В. Зародина (Саратовский институт РГТЭУ), А.Н. Агиянца (ООО "Универсалстрой") за поддержку исследований и консультации.

Л и т е р а т у р а

1. Экологические опасности Саратовского Поволжья. Интерактивный атлас [Электрон. ресурс] /А.В. Иванов, И.А. Яшков. – М.: ООО "МАКС ПРЕСС", 2007.
2. Решетников М.В., Добролюбова Н.В. Эколого-геохимическое исследование антропогенных отложений в долине Глебучева оврага Саратова //Недра Поволжья и Прикаспия. – 2009. – № 58. – С.47-51.
3. Шешнёв А.С., Иванов А.В., Добролюбова Н.В. Антропогенные отложения долины Глебучева оврага (территория Саратова) //Недра Поволжья и Прикаспия. – 2009. – № 58. – С.42-46.
4. Труфманова Е.П., Галицкая И.В. Геоэкологическая оценка территорий бывших свалок (два аспекта) //Геоэкология. – 1999. – № 5. – С.480-485.
5. Папырин Л.П., Пустозёров М.Г. Изучение ореолов загрязнения подземных вод геофизическими методами //Разведка и охрана недр. – 1988. – № 1. – С.36-41.
6. Смилевец О.Д., Сулицкий Ф.В., Рейтюхов К.С. Особенности интерпретации данных ВЭЗ при расчленении верхней части разреза песчано-суглинистых толщ //Недра Поволжья и Прикаспия. – 2001. – Вып.26. – С.67-76.
7. Кузнецов О.Л., Богословский В.А., Кузьмина Э.Н. Эколого-геофизические исследования Московского региона. – М., 1995.

УДК 624.131.53 (470.44/.47)

СУФФОЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ТЕРРИТОРИИ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

© 2010 г. **О.Д. Смилевец, Н.В. Хаюк, Н.Е. Кутепов, А.А. Васильев**
Саратовский государственный технический университет

Среди молодых экзогенных структур на Русской плите выделяют эрозионные, гравитационные и ледниковые. Эти структуры оказывают наибольшее воздействие на природно-антропогенные системы и поэтому создают проблемы в биосферном пространстве.

Проблема оврагов в ряде районов приобретает особое значение, поскольку рост их размеров и числа значительно сокращает посевные площади. Борьба с оврагами особенно на начальной стадии обычно не представляет затруднений, но иногда перерастает в большую и трудноразрешимую задачу.

Вторая проблема – это проблема карста. Воронки и провалы, возникающие в результате растворения известняков и гипсов, часто сильно затрудняют возведение крупных сооружений, мостов, дорог. Гравита-

ционные структуры, оползни, реже обвалы и оплывины широко распространены по берегам рек и озер. Обычно они небольшого размера. Протяженность оползней вдоль берега реки, как правило, не превышает нескольких сотен метров, очень редко достигая 1-2 км. В горизонтальном направлении оползень может перемещаться на многие сотни метров. Образующиеся складки и разрывы при этом сложны, но не сопровождаются ни метаморфизмом, ни малейшим изменением пород [3].

Третья геоэкологическая проблема Русской плиты – собственно суффозии. Суффозии (suffosio – подкапывание) – выщелачивание растворимых солей почвы, нарушение микроагрегатной структуры грунтов и вымывание в глубину нисходящими потоками воды тончайших частиц горных пород, в



Фотоснимок 1. Деформации жилого дома, вызванные суффозией, отмечены стрелками (Саратов, ул. Чапаева / Сакко и Ванцетти, 2008 г.)

дальнейшем также выносимых подземными водами. Суффозия представляет собой широко распространенный и опасный для строительства экзогенный геологический процесс [6]. В результате суффозионного разрушения горных пород ухудшаются их прочностные и деформационные характеристики, увеличивается проницаемость. Когда испытывавшие суффозионное разрушение породы находятся в зоне взаимодействия с каким-либо инженерным сооружением, это может привести к его деформированию (фотоснимок 1).

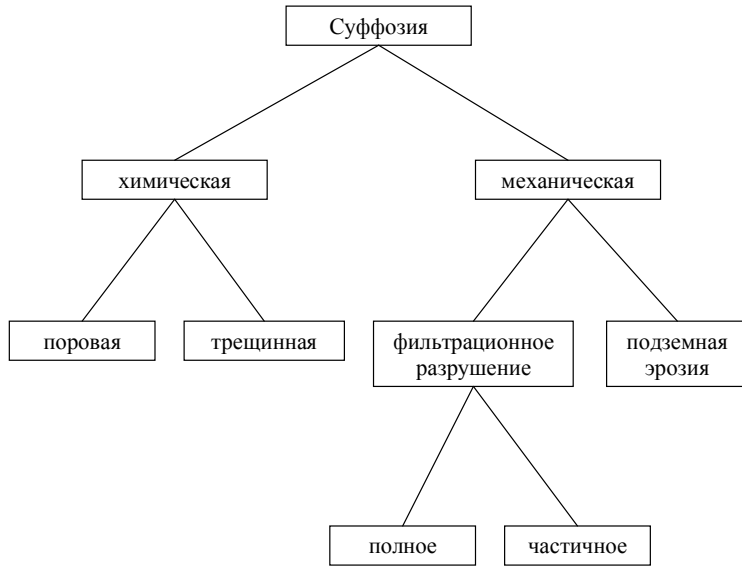
Еще более опасны такие суффозионные проявления, как оползни, оседания и провалы, если они непосредственно контактируют с неподготовленными к этому конструктивными элементами зданий и сооружений. Применительно к суффозии можно говорить о принципиальной возможности

если не всех, то большинства известных деформационных воздействий на сооружения, возводимые в сложных инженерно-геологических условиях [4, 5]. Суффозия вызывает оседание всей вышележащей толщи с образованием на поверхности замкнутых понижений мелких либо более крупных. Суффозионные понижения обычно характерны для лессов и лессовидных грунтов. Очень хорошо они дешифрируются на аэрофотоснимках. В пределах изученной территории этот процесс наиболее широко распространен в Республике Калмыкии.

Различают суффозию механическую и химическую. При механической происходят разрыхление и вынос частиц пород при движении грунтовых вод к местам их разгрузки или к поглощающим воды трещинам подстилающей горной породы, а при химической – выщелачивание и вынос из горной породы легкорастворимых солей (схема). Этот процесс происходит как при естественном, так и при искусственном изменении гидродинамических условий (сезонные колебания уровня подземных вод, откачки, орошение и т. д.) [1].

Территория Нижнего Поволжья подразделяется на различные районы по своеобразию проявления суффозионных процессов. Механическая суффозия преимущественно развита на денудационных равнинах Приволжской возвышенности (табл. 1).

В пределах восточного склона Ергенинской возвышенности, имеющего гребневидную или плосковыпуклую форму водораздельных пространств, суффозионные микрозападины в основном воронкообразной формы узкой цепочкой протягиваются вдоль водораздельных гряд. При этом диаметр воронок 10-30 м, глубина 0,1-0,5 м, борта их пологие. Размываются они в бурых лессовидных суглинках, мощность которых составляет 4-5 м. Подстилающими породами являются пески ергенинской свиты.



Классификация суффозии по характеру разрушения горных пород (по В.П. Хоменко)

Увеличение площади распространения суффозионных просадочных микрозападин отмечается на самых высоких отметках водораздела. Коэффициент пораженности суффозионными процессами $K_{сф} = 10-20$, на вершинах водоразделов – до 50.

Широко развиты суффозионные формы в южной части возвышенности, как в пре-

делах водораздельных пространств, так и на склонах водоразделов между балками. Это объясняется тем, что к югу лесовидные суглинки сменяются типичными лессами. Суффозионные воронки здесь большей частью мелкие глубиной 0,1-0,3 м, диаметром от 5-10 до 20-40 м. В местах резкого перепада водораздельной поверхности или склонов водораздела, очевидно, в местах наибольшей разгрузки грунтовых вод отмечаются единичные западины диаметром 200-500 м и глубиной 0,5-1 м (фотоснимки 2, 3, 4, 5).

На западном более пологом склоне Ергенинской возвышенности суффозионные формы развиты довольно широко, но по площади распределены неравномерно. В основном они наблюдаются на более низких абсолютных отметках (100-120 м) плоских и плосковыпуклых водоразделов. Коэффициент суффозионной пораженности 5-10 у основания водораздельных поверхностей и 20-30 – на во-

Таблица 1

Количественные критерии оценки существующей суффозионной опасности для строительства объектов промышленного и гражданского назначения

Максимальный размер поверхностного суффозионного проявления в плане (средняя величина), м	Интенсивность образования поверхностных суффозионных проявлений, случаев в год/км ²				
	< 0,01	0,01 – 0,05	0,05 – 0,1	0,1 – 1	> 1
	Плотность поверхностных суффозионных проявлений, случаев/км ²				
	< 1	1 – 5	5 – 50	50 – 100	> 100
< 3	1				
3 – 10		2			
10 – 20			3		
> 20				4	

1 – очень низкая опасность, не накладывающая ограничений на строительство;
 2 – низкая опасность, требующая незначительного удорожания строительства;
 3 – средняя опасность со значительным удорожанием строительства;
 4 – высокая опасность, делающая строительство проблематичным



Фотоснимок 2. Суффозионная воронка в Кетченеровском районе Республики Калмыкии



Фотоснимок 3. Общий вид суффозионной воронки



Фотоснимок 4. Суффозионная воронка в стенке водоотводного канала



Фотоснимок 5. Суффозионная воронка в Сарпинском районе Республики Калмыкии

дораздельных грядах. Суффозионные формы отмечаются или в одиночку (западины), или группируются на относительно небольших участках, или узкой прерывистой цепочкой протягиваются вдоль водораздельных гряд.

Наибольшие площади суффозионно-просадочные процессы занимают на пологих водораздельных склонах на юге Республики Калмыкии в бассейне реки Восточный Маныч. Размеры их составляют в диаметре 20-30 м при глубине 0,3-0,5 м. Форма

можно свести к сравнительно ограниченному количеству геолого-геофизических условий, типичных для большей части подобных зон на близкорасположенных участках исследования. Возможность применения электроразведки определялась разницей удельного электрического сопротивления (УЭС) между породами. Наиболее низкое сопротивление имеют глины и супеси. На поисковой стадии работ точки ВЭЗ располагались по редкой сети, расстояния между ними были 100 м (табл.2).

УЭС пород верхней части разреза (Республика Калмыкия)

Горная порода	Состояние горной породы	УЭС, Ом · м
почвенный слой	сухое	100 – 500
известняки	маловлажное	1800 – 2200
супеси	твердое и пластичное	300 – 800
глины	твердое и мягкопластичное	5 – 15
пески	маловлажное	400 – 2000
известняки с глиняным заполнителем	заполнитель: твердый и мягкопластичный, текучепластичный и текучий	100 – 270 50 – 120

микрозападин или округлая, или вытянутая вниз по склону. Коэффициент суффозионной пораженности составляет 10-20 на 1 км². В некоторых местах суффозионные впадины сближаясь вниз по склону, вероятно, способствуют формированию оползневых тел.

В пределах Приволжской возвышенности суффозионные формы распространены по площади неравномерно. В основном они развиты в маломощном чехле элювиально-делювиальных супесчано-суглинистых рыхлых отложений [4].

На исследуемой площади проводилось вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ) в 20 точках, которые на местности привязывались по профилям инженерно-геологических скважин. Многообразие геологических условий, характерных для зоны распространения суффозионных процессов,

Чтобы представить, как распространяются высокие сопротивления на глубину, проводились ВЭЗ. После выполнения электроразведочных работ на наиболее благоприятных участках закладывались скважины. Район работ оказался довольно

сложным для применения электроразведки из-за соотношения сопротивлений горных пород. На обследованной площади получены кривые ВЭЗ различных типов: А, АК – при небольшой глубине залегания, а при более глубоком залегании типа – АА. На начальных точках кривых ВЭЗ нередко наблюдаются повышенные сопротивления, обусловленные рыхлым поверхностным слоем отложений небольшой мощности (рис.1)

С учетом данных контрольных скважин удалось установить основные закономерности изменения формы кривых ВЭЗ и величин сопротивления, соответствующих горным породам, характеризующимся теми или иными литологическими особенностями, получить ориентировочное представление о предполагаемом геолого-литологическом разрезе в соответствующих точках.

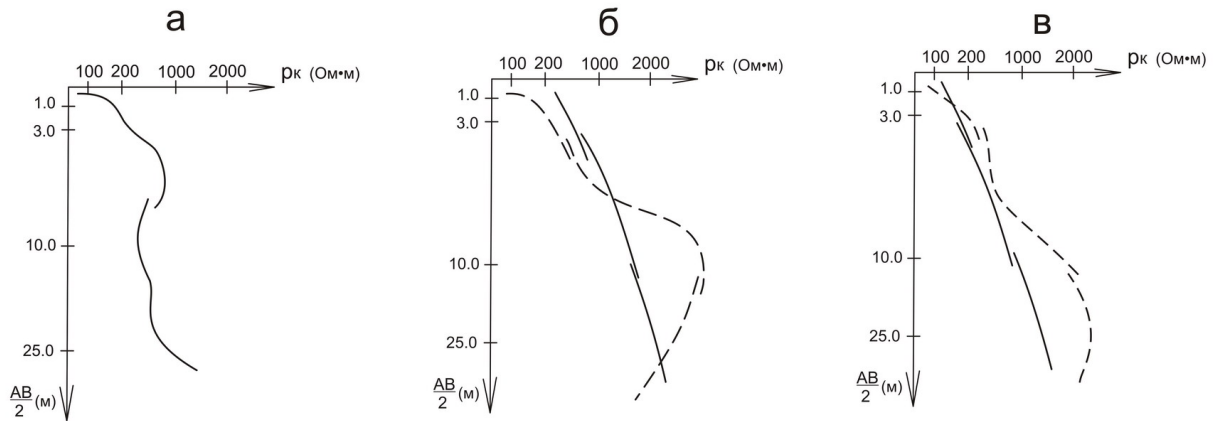


Рис.1. Кривые ВЭЗ

Установлены основные закономерности в форме графиков ВЭЗ:

супесчано-суглинистые отложения характеризуются резким широким минимумом с подъемами правой ветви, близким к 25-30° (рис.1б);

содержащиеся в разрезе глинистые отложения характеризуются искажениями на кривых ВЭЗ минимальных сопротивлений (рис.1а, 1в)

суффозионно-кавернозные участки характеризуются на кривой ВЭЗ зонами с повышенными значениями УЭС.

Невысокие сопротивления, зафиксированные левой ветвью кривых зондирования, – признак того, что здесь нет мощной толщи супесчаных отложений, и это подтверждено контрольными скважинами. На основании такого подхода к расшифровке кривых зондирования более обоснованно дана оценка перспективности площадей, изученных методами электроразведки.

На рис.2 четко зафиксирован борт суффозионно-карстовой полости вблизи трассы автомагистрали Волгоград – Элиста на глубине до 14 м. Кроме того, на радиолокаци-

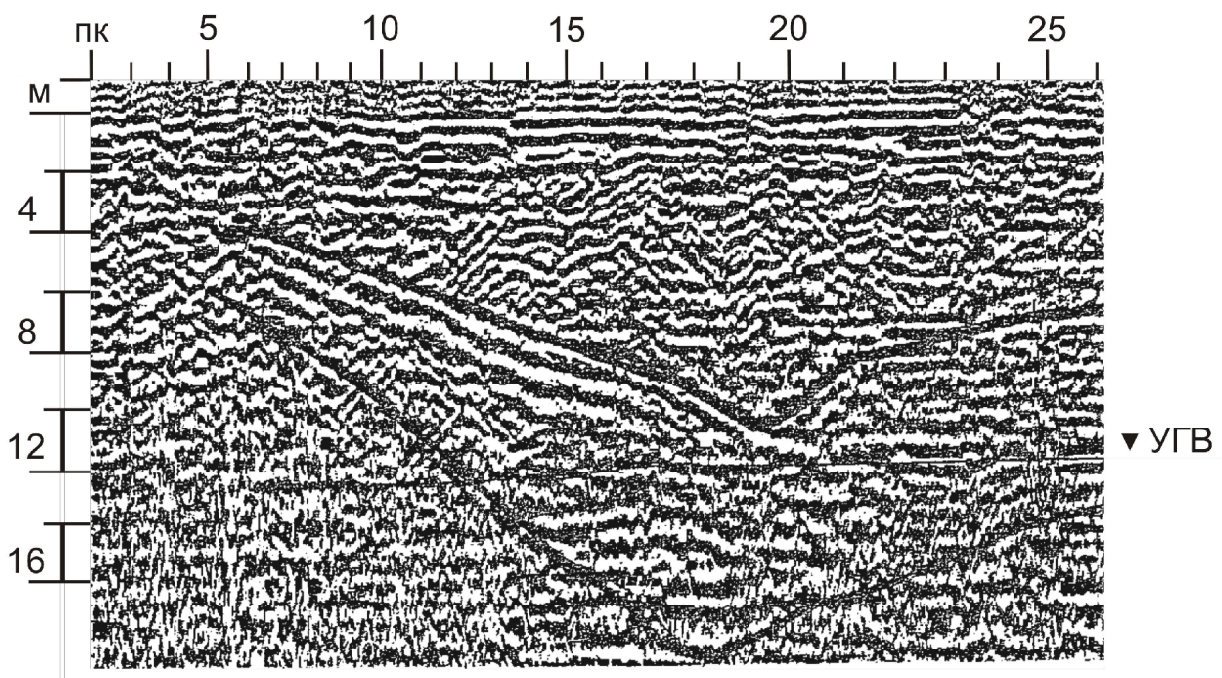


Рис.2. Радиолокационная запись над суффозионно-карстовой полостью

онной записи на глубине 15-18 м фиксируется аномальная зона, вероятнее всего, связанная с цементной тампонажной смесью, закачанной в эту полость.

На юге Волгоградской области на участках близкого залегания к поверхности карстующихся известняковых пород карстовые провальные воронки дают аналогичную картину мелко точечного рисунка на аэрофотоснимках и различить их между собой без наземных полевых работ с бурением невозможно. На водоразделах Волгоградского правобережья широко развиты овражные эрозионные формы рельефа. Несомненно, образовались овраги в результате суффозионных процессов. Во время ливней или обильного снеготаяния большие массы воды, попадая в небольшие полости над суффозионными просадками, размывают их, образуя под просевшей вместе с дерниной почвой промоины, эрозионные рывтины, короткие овражки.

В северо-западной части Саратовской области в Ртищевском районе отмечаются два участка проявлений суффозии – неглубоких западин диаметром 3-5 м. Первый – на крайнем северо-западе, на водораздельных склонах, сложенных желто-бурым покровным суглинком, характеризуется небольшим коэффициентом суффозионной пораженности 8,4 единицы на 1 км². Второй – на левобережье Хопра, в пределах эрозионных останцов второй надпойменной террасы, – с коэффициентом 2,3 на 1 км². На остальной части территории Саратовского правобережья суффозионные формы отмечаются реже на небольших площадях [2].

Воздействие человека на окружающую среду имеет рельефообразующее значение, возникает техногенный или антропогенный рельеф. Особенно это воздействие проявляется в реках, озерах, водохранилищах и подземных артезианских водах. Нередко взаимодействие антропогенно-технических систем и природных суффозионных процессов может иметь катастрофические последствия. Образовавшийся в 1983 г. в г. Курга-

не суффозионный оползень [3], спровоцированный утечками из водонесущих коммуникаций, вызвал разрушение жилого дома и гибель людей. Так в поселке Цаган-Нур Республики Калмыкии развитие суффозионных процессов привело к обрушению котельной. В районе Волгограда, в Соколовом песчаном карьере развиваются оползни, обусловленные суффозионными выносами песка [7].

Саратовские суффозионные провальные полости на автомагистралях Саратова вдоль похороненных оврагов нередко провоцируются системами водоподведения и водоотведения, тепломагистралями. Так, например, из-за участвовавших суффозионных провалов в Смирновском ущелье и регулярном коррозионном разрушении тепломагистралей к областной больнице строители вынуждены были забросить подземную магистраль и провести ее воздушным путем по эстакаде.

Суффозии в Саратове обусловлены двумя факторами: литологическими особенностями песчано-глинистых осадочных горных пород – рыхлостью, растворимостью, и гидрогеологическими условиями. Приволжская возвышенность представляет собой первый водораздел для влажных североатлантических ветров. Атмосферные осадки, выпадая на склонах возвышенности в области предвосхождения, просачиваются через рыхлые легкорастворимые песчано-глинистые осадочные горные породы и двигаются в сторону Волгоградского водохранилища вдоль овражных дрен Саратова (овраги, ущелья). Этот процесс и приводит к образованию многочисленных суффозий, причем неоднократно на одних и тех же местах.

По результатам полевых наблюдений в Саратове, Сарпинском и Кетченеровском районах Республики Калмыкии и лабораторных исследований состава лессовидных суглинков и лессов отмечено увеличение содержания CaCO₃ в породах с понижением широты (табл.3), разработаны практические рекомендации по изучению суффозионных

Таблица 3

Содержание CaCO₃ на исследуемых участках
(данные "Приволж ТИСИЗ")

№ пробы	Участок исследований	Содержание CaCO ₃ (%)	
		в образцах	среднее значение
1	Ртицево	5,2	5,1
2	Ртицево	4,6	
3	Ртицево	5,6	
4	Степное	7,8	8,1
5	Степное	7,3	
6	Степное	7,6	
7	Степное	9,8	
8	Узморье	7,6	8,4
9	Узморье	9,2	
10	Узморье	8,4	
11	Аршань-Зельмень	9,8	10,4
12	Аршань-Зельмень	10,2	
13	Аршань-Зельмень	11,4	
14	Аршань-Зельмень	8,4	
15	Аршань-Зельмень	13,2	
16	Аршань-Зельмень	9,4	
17	Аршань-Зельмень	12,8	
18	Аршань-Зельмень	8,2	

процессов, объективной их интерпретации, по геоэкологическому зонированию лессовых пород, по строительству водоводных каналов и гидромелиоративных систем в Республике Калмыкии и других регионах Нижнего Поволжья.

По данным проведенных исследований сделаны выводы:

суффозионные процессы развиты преимущественно в районах с засушливым климатом в лессах и лессовидных суглинках, и они происходят как при естественном, так и при искусственном изменении гидродинамических условий (сезонные колебания

уровня подземных вод, откачки, орошение, дренирование и др.);

суффозионные понижения располагаются в основном на относительно ровной поверхности водоразделов и на участках резкого перегиба водораздельных склонов, где постоянно происходит разгрузка грунтовых вод;

суффозионные воронки четко дешифрируются на аэрофотоснимках по мелкому точечному рисунку в пределах денудационных равнин Приволжской и Ергенинской возвышенностей. Степные блюдца на аэрофотоснимках фиксируются в виде мелких или крупных неясно расплывчатых темных пятен овальной или несколько вытянутой фор-

мы, неравномерно расположенных на поверхности аккумулятивных морских равнин;

следует перекрывать места выноса частиц горных пород фильтрационными "одеялами" (песчано-гравийными, щебневыми, галечными и т. п.), возможно применение искусственной цементации размываемых горных пород;

техногенные системы (гидромелиоративные, водонесущие, подземные коммунитивные) провоцируют развитие суффозии. Подтопление, нарушение гидродинамического режима являются одной из причин развития суффозии.

Л и т е р а т у р а

1. Аникеев А.В. Суффозия. Классификация процесса //Геоэкология. – 2006. – № 2. – С.155-155.
2. Тихвинский И.О. Оценка и прогноз устойчивости оползневых склонов. – М.: Наука, 1988.
3. Толмачев В.В., Троицкий Г.М., Хоменко В.П. Инженерно-строительное освоение закарстованных территорий. – М.: Стройиздат, 1986.
4. Толмачев В.В., Ройтер Ф. Инженерное карстование. – М.: Недра, 1990.
5. Трофимов В.Т., Красилова Н.С. Геодинамические критерии оценки состояния эколого-геологических условий //Геоэкология. – 2000. – № 3.

6. Хоменко В.П. Оценка суффозионной опасности //Промышленное и гражданское строительство. – 1996. – № 8.
7. Хоменко В.П. Закономерности и прогноз суффозионных процессов. – М.: ГЕОС, 2003.

ГИПОТЕЗЫ. ДИСКУССИИ. ПРОБЛЕМЫ

УДК 551.24 (470.4/.5)

ЕЩЁ РАЗ О ГИПОТЕЗАХ ОБРАЗОВАНИЯ ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ

© 2010 г. Ю.С. Кононов

ФГУП "Нижне-Волжский НИИ геологии и геофизики"

В журнале "Недра Поволжья и Прикаспия" (2010, вып.61) опубликована статья Я.А. Рихтера "Несколько замечаний по поводу одной гипотезы образования Прикаспийской впадины" [27]. В ней отмечается, что развиваемые в последнее время некоторыми исследователями теоретические позиции нередко очень далеки и несовместимы. Происходящая же дискуссия о генезисе Прикаспийской впадины сама по себе способствует продвижению знаний о геологии и нефтегазоносности этого региона. В таком плане главное внимание уделено одной из сравнительно недавно появившихся работ, где рассматривается механизм образования Прикаспийской впадины [2]. В этой связи предварительно необходимо остановиться на двух аспектах.

Первый из них, обозначенный во введении статьи Я.А. Рихтером, но фактически не обсуждаемый им, относится к нефтегазоносности недр. Здесь, пожалуй, наиболее существенно то, насколько предлагаемые модели формирования Прикаспийской впадины влияют на реальное выявление нефтегазоносности и ее освоение. Как известно, в Прикаспийской нефтегазоносной провинции (НГП) разрез осадочного чехла принято подразделять прежде всего на подсоловой и надсоловой нефтегазоносные этажи (НГЭ), разобщаемые кунгурским соленосным

комплексом, который традиционно считается покрывкой, разделяющей изначально эти НГЭ. Однако вследствие проявления соляной тектоники в ряде случаев образовались бессолевые мульды, где надсоловой НГЭ практически непосредственно залегает на подсоловом. Внутри каждого НГЭ выделяются нефтегазоносные комплексы (НГК), причем для девонско-артинской части разреза подсолового НГЭ они выделены в основном по аналогии с более изученной Волго-Уральской НГП [7]. Оценка потенциальных ресурсов жидких и газообразных углеводородов (УВ) в виде нефти, газа и конденсата обычно дается до глубины 7 км, причем это относится и к надсоловому, и к подсоловому НГЭ. Последний полностью или почти полностью может быть вскрыт при такой глубине скважин буквально в единичных случаях, в частности, на Астраханском своде. В отличие от него, например, по результатам бурения на Гурьевском своде (скв.П-3) сделан вывод, что при такой глубине возможно реальное вскрытие только верхнедевонских отложений [21]. Кстати, и строение вскрытой здесь части разреза существенно отличается от одновозрастных отложений Астраханского свода с обособлением в его пределах так называемой карбонатной платформы. Тем не менее, несмотря на явную фациальную изменчивость подсо-