

УДК- 624.131.31

**ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТА ГАЗА В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ СУФФОЗИОННО-  
КАРСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ СТАВРОПОЛЬСКОЙ  
ВОЗВЫШЕННОСТИ**

© Лебедев М.С., Лебедева Е.Т.

*Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь*

*В статье рассматриваются карстовые и суффозионные процессы, развитые в пределах Ставропольской возвышенности. Описываются механизм образования, и формы рельефа которые являются результатом процессов растворения и механического выноса частиц карбонатных и обломочных пород среднего и нижнего сармата. Приведены участки максимально возможного воздействия суффозионных и карстовых процессов на существующие магистральные газопроводы и газопромысловые отводы находящиеся в ведении ООО «Газпром трансгаз Ставрополь».*

***Ключевые слова:** карстовые и суффозионные процессы, Ставропольская возвышенность, экологическая и промышленная безопасность*

Для обеспечения экологической и промышленной безопасности объектов, находящихся в ведении ООО «Газпром трансгаз Ставрополь» необходимо учитывать особенности распространения карстово-суффозионных явлений в пределах

Ставропольской возвышенности при строительстве и проведении капитального ремонта магистральных газопроводов (МГ) и газопромысловых отводов (ГП-отводов). Верхнемиоценовые известняки-ракушечники и известковистые песчаники в которых развиваются карстовые процессы еще слабо изучены, несмотря на то, что этот район отмечен на схематической карте карстопоявлений на территории бывшего СССР и схеме карстовых областей и районов Европейской части России (по Н.В. Родионову) [4].

Рассматриваемая территория расположена в юго-западной части Ставропольской возвышенности с абсолютными отметками от 350-400 м до 831 м (гора Стрижамент).

Главные черты климата Центрального Предкавказья определяют преобладание в основном денудационных процессов (ливневый характер осадков, частые смены температуры и влажности воздуха, ветры и др. [5, 8, 9].

Выработанный рельеф представлен структурно-денудационным и денудационным генетическими категориями. Структурно-денудационное плато, бронированное песчаниками и известняками является определяющим элементом рельефа. Западные участки интенсивно изрезаны и на всем протяжении сопровождаются структурно-денудационными уступами высотой 5-20м, ниже которых прослеживаются оползневые блоки пород, слагающих плато. В южной части расположены структурно-денудационные останцы – столообразные горы (г. Стрижамент – 831 м, г. Сейна – 663 м, г. Бударка – 613 м и др.).

Денудационные плато в основном приурочены к средне и нижнесарматским толщам. Они окаймляют структурно-денудационные плато и перекрыты маломощным элювиально-делювиальным чехлом.

Денудационно-аккумулятивный и аккумулятивный рельеф широко представлен на окраинных частях описываемой территории, в основном по долинам рек и крупных балок, в бортах которых установлены все развитые здесь цикловые террасы. Наиболее выраженными в рельефе являются террасы междуречий Кубань, Егорлык, Темная, Русская, Кизилровка, Ташла, Мутнянка, Горькая, Жилейка [13, 15].

#### **Геологическое строение территории**

В геодинамическом отношении район принадлежит к Скифской эпигерцинской плите [2, 4]. Продолжающиеся до настоящего времени неотектонические движения, с их тенденцией к воздыманию [5], так же способствуют активизации карстово-суффозионных процессов, наряду с другими денудационными и аккумулятивными процессами такими как, изменение характера аккумуляции материала в речных поймах, отклонение русел в результате роста локальных поднятий, оврагообразование, оползни-обвалы, оползни и ряд других.

На описываемом участке во вскрытом глубокими скважинами разрезе отчетливо выделяются палеозойский фундамент, переходный комплекс и осадочный чехол. Поверхность фундамента разбита продольными и поперечными разломами, подвижки по которым оказали и продолжают оказывать существенное влияние на строение осадочного чехла и его поверхности, что отображает современный рельеф. Наиболее приподнятая часть фундамента обрисовывает Ставропольский свод и почти со всех сторон ограничивает флексурно-разломными зонами, перепады высот по которым достигают 300-900 м.

Наиболее интересна верхняя часть разреза, которая представлена горизонтом с типичной среднесарматской фауной. Расчленяется она (снизу вверх) на: ясеновскую свиту; карабинский пласт; форштадскую свиту и холоднородниковский пласт (горизонт).

Ясеновская свита представлена песчанистыми глинами толщиной до 30м.

Карабинский пласт (включен в ясеновскую свиту) представлен детритусовым известняком-ракушечником толщиной до 2-3м.

Форштадская свита (горизонт) представлена мелко- и среднезернистыми песками с прослоями глин и песчаников толщиной порядка 35м.

Холоднородниковский детритусовый известняк-ракушечник имеет широкое распространение на Ставропольской возвышенности. Среди ракушечника встречаются пропластки песчаника, белых песков, глыбы мшанкового известняка. В известняках наблюдаются многочисленные полости и каверны, разнообразные натечные формы вторичного кальцитообразования. Наибольшую толщину холоднородниковский известняк имеет на Пелагиадинской площади 20м (пелагиадинский карьер) [1, 2, 11]. К западу и к северо-западу, на Северо-Ставропольской площади, толщина его уменьшается до 5-1м. Холоднородниковский пласт обладает повышенной трещиноватостью вследствие напряжений, возникших в результате вертикальных движений при формировании поднятий (Ставропольского, Северо-Ставропольского, Пелагиадинского). По площади плита известняка расчленена на крупные многоугольные блоки. Характер трещин от сомкнутых до открытых, достигающих до 10-15 см в ширину. Трещиноватость известняков, наличие блоков определяют развитие процессов локального гравитационного перемещения их вдоль склонов верхних частей балок, ручьев. Между материнским плато и блоками перемещения наблюдаются рвы, достигающие шириной 3-5м, отдельные ямообразные понижения. Блоки, отделившиеся от материнской плиты, находятся в состоянии неустойчивого равновесия, и при обильном выпадении атмосферных осадков перемещаются вниз по склону, особенно в местах подстилки их криптомактровыми глинами. На одном из многочисленных сейсмопрофилей территории Ставропольского свода четко выделяется огромное количество вертикальных тектонических нарушений, которые доходят до майкопских отложений (рис. 1). Аналогичное строение наблюдается в пределах всей площади, занимаемой Ставропольским сводовым поднятием, что усиливает развитие и проявление негативных инженерно-геологических процессов и явлений [3, 10, 14].

Выше по разрезу залегает плиоцен (понтический ярус), представленный темно-серыми глинами, иногда песчаниками, имеющий толщину 0,2-3,5м. Описываемые отложения залегают локальными участками. Континентальные отложения плиоцена представлены армавирской свитой, сложенной глинами красно-бурой и кирпично-красной окраски, толщина их составляет 0-2м.

Четвертичные отложения представлены желтовато-серыми, коричневатожелтыми супесями и суглинками аллювиального и делювиального генезиса толщиной их до 10 м.

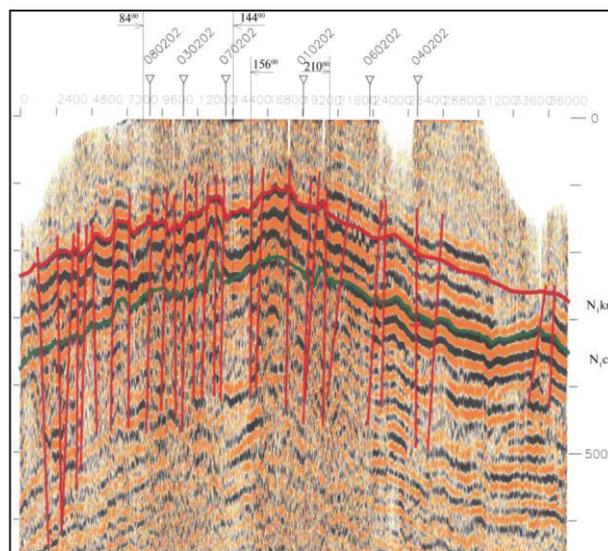


Рис. 1. Фрагмент сейсмического профиля 020202 Северо-Ставропольского и Пелагиадинского участков.

**Карстовые и суффозионные процессы Ставропольской возвышенности**

Карстовые и суффозионные процессы в пределах Ставропольской возвышенности имеют достаточно широкое распространение, о чем свидетельствует ряд факторов. Это главным образом наличие карбонатных и осадочных нецементированных пород (известняки, известковистые песчаники, пески и др.), действие на них атмосферных, поверхностных и подземных вод, а так же возникновение в подземных водах значительных сил гидродинамического давления и превышение величины некоторой критической скорости, проявляющихся в пределах крутых склонов. Не стоит пытаться рассмотреть действие каждого фактора в отдельности для конкретного объекта, т.к. по площади наблюдается изменчивость толщин отложений, подверженных процессам растворения и механического выноса частиц.

Карстовым и суффозионным процессам подвержены карбонатные и обломочные породы (известняки-ракушечники, песчаники), стратиграфически приуроченные к верхнему и среднему сармату (холоднородниковский горизонт, ясеновская свита, криптомактровые слои). Среди форм рельефа, образованных процессами растворения и механического выноса частиц, следует отметить следующие:

1. Каверны, напоминающие пчелиные соты. Такие формы развиты повсеместно, и там где карстующиеся породы выходят на поверхность, и там где они перекрыты элювиально-делювиальными отложениями. Глубина их от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров.

2. Желобообразные углубления (поля) напоминающие небольшие канавки с острыми гребнями. В.Г. Гниловской отмечает наличие карр в форме ложбин различной ориентации в карабинском пласте известняка, преимущественно по трещинам.

3. Вертикальные колодеобразные пещеры, образующиеся преимущественно в зонах тектонических нарушений. Каверны здесь развиваются более интенсивно и соединяясь между собой образуют вертикальные полости (пещеры), часто заполненные суглинками и обломками сцементированных пород (рис 2, 3). На стенках полостей часто наблюдаются следы вторичного кальцитообразования, а в работах В.Г. Гниловского описаны сталактиты и натечные формы. Наклонные полости и каналы были обнаружены и в форштадских песках, (диаметр каналов достигает 30 см, видимая длина 5-7м) залегающих под холоднородниковскими известняками-ракушечниками (рис. 3). Своды таких полостей из-за малой мощности и тектонической раздробленности нередко обрушаются, образуя так называемые «каменные хаосы» (г.Стрижамент, с. Подлужное и др). В ряде случаев образуются полости подобные карстовым пещерам («Стрижаментская» – г. Стрижамент, «Разбойничья» - хутор Нижнерусский, и др). Необходимым условием образования карстово-суффозионно-обвальных (смешанных) провалов является присутствие в покрывающей толще обводненных или не обводненных несвязных дисперсных пород. [1,7 ] Такие формы развиваются в местах наибольшего сгущения тектонических разломов по краям бронирующей плиты известняка, что отражено на одном из многочисленных сейсмопрофилей территории Ставропольского свода, где развиты отложения известняка-ракушечника (рис. 3а). Плита разбита множеством вертикальных тектонических нарушений, которые доходят до майкопских отложений.

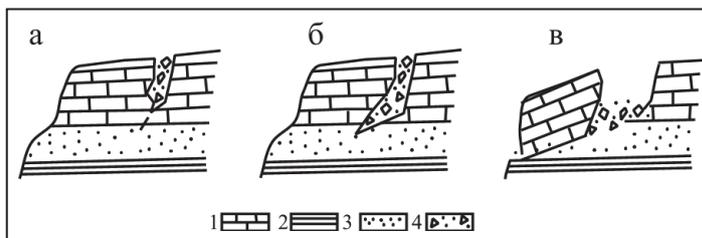


Рис. 2. Схема развития вертикальных полостей и механизм отрыва блоков от материнского плато. 1-известняки; 2-глины; 3-пески; 4-обломочные породы



Рис. 3. Суффозионная полость в форштадских песках (внизу). Слева прослеживается образование новой полости (западная окраина г. Ставрополя).



Рис. 3а. Вертикальная колодезобразная пещера в известняках-ракушечниках холоднородниковского горизонта после обрушения боковой стенки (западная окраина г. Ставрополя).

4. Воронки, проявляющиеся в виде небольших (до 1,5 м) понижений на склонах балок, преимущественно в верховьях. Такие формы отмечены в холоднородниковских известняках и песчаниках, форштадских песках, карабинком пласте известняка. Воронки часто заполнены обломочным материалом и растительными остатками. Поэтому такие понижения можно обнаружить после выпадения атмосферных осадков, которые скапливаются в них. Примерами таких форм рельефа могут послужить карстово-суффозионные воронки обнаруженные на горе Бударка, небольшое понижение глубиной до 2,5 м и протяженностью 30 м, дно которого заполнено водой, в верховье балки Медведка [1, 6, 7]. В последнем случае базисом эрозии являются глинистые отложения ясеновской свиты, являющиеся одновременно водоупором грунтовых вод.

Описываемые карстово-суффозионные процессы, часто приурочены к тектоническим нарушениям и зонам повышенной трещиноватости.

#### **Механизм формирования карстово-суффозионных форм рельефа**

На схеме распространения закарстованных пород и карстово-суффозионных явлений (рис. 4), построенной с использованием геологической, тектонической, геоморфологической, топографической карт, видно, что обнаруженные исследователями в разное время карстово-суффозионные формы рельефа располагаются в окраинных частях известнякового плато. Связано это с многочисленными факторами перечисленными выше. Механизм формирования большинства таких форм проходит примерно по одной схеме: вначале по одной из трещин начинает развиваться полость, как правило, вертикального направления, которая под действием плоскостного смыва заполняется вышележащими отложениями, а так же обломками известняка-ракушечника из верхней части полости. Далее полость увеличивается в глубину под действием просачивающихся вод, вследствие чего на стенках ее можно наблюдать натечные корки, а так же локальную цементацию пород заполняющих полость. По мере того, как полость развивается до подстилающих глин или песков, карстующийся участок

все еще остается частью материнского плато. По мере развития полости по глубине на участке возникает напряженно-деформированное состояние, теряется равновесие и наблюдается отрыв его от материнской плиты, и передвижение вниз по склону, по нижележащим глинистым отложениям. Кроме карстово-суффозионных процессов на отрыв блоков воздействуют климатические, неотектонические, геологические и др. факторы [12]. По такой же схеме происходит отрыв блока, ниже которого протекают суффозионные процессы в форштадских песках.

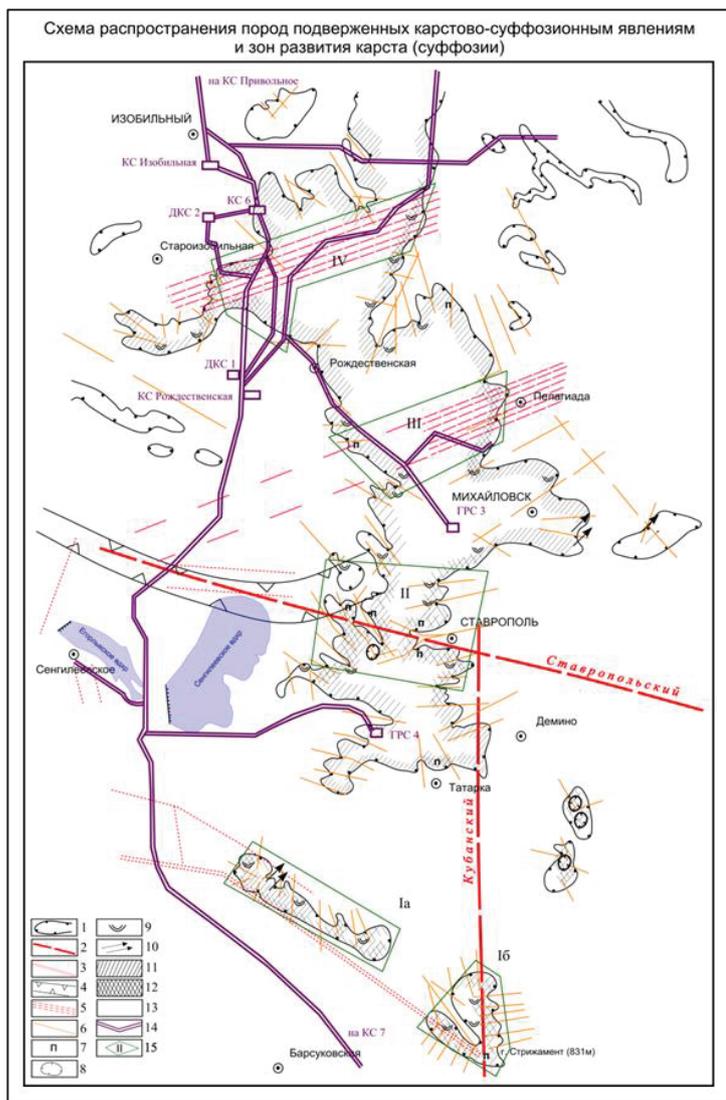


Рис 4.

Условные обозначения: 1- граница распространения карбонатных пород; 2- разломы фундамента; 3- тектонические нарушения (по данным сп 8/86); 4- эрозийный врез олигоцен-миоценового времени (по данным сп 8/96); 5- нарушения в верхней осадочной толще (по данным сп 02/02); 6- нарушения, выделенные по геоморфологическим признакам; карстовые формы: 7-пещеры, 8-воронки, 9- карстопрооявления; 10- суффозионные явления; зоны развития карстовых процессов (по тектоническим признакам): 11-слабого; 12-умеренного; 13-отсутствия; 14-газопроводы ООО «Газпром трансгаз Ставрополь»; 15- граница ключевого участка мониторинга.

### Выводы

На схеме закарстованных пород и карстовых явлений Центральной части Ставропольской возвышенности выделено четыре карстово-суффозионных подрайона: Iа и Iб приуроченные к зоне сочленения Кубанского глубинного разлома и Надзорненского тектонического нарушения, II – приуроченный к зоне сочленения Кубанского, Ставропольского разломов фундамента и эрозийного вреза олигоцен-миоценового времени, III – приуроченный к Пелагиадинской зоне разрывных нарушений (до глубин 200-400м) и IV – приуроченный к Северо-Ставропольской зоне разрывных нарушений (до глубин 200-400м). В пределах Пелагиадинского и Северо-

Ставропольского подрайонов выделено по два ключевых участков и один участок выделен южнее Ставропольского района. Здесь возможно максимальное влияние результатов карстово-суффозионных процессов на магистральные газопроводы (МГ) и газопроводы-отводы (ГП-отводы) на ГРС-3, ГРС-4 и с. Пелагиада. По упрощенной классификации закарстованности участков В.Д. Ломтадзе весь массив можно условно разделить на зоны умеренного, слабого и развития карста.

Следует отметить, что описываемый район расположен в зоне неустойчивого увлажнения, поэтому увеличение количества выпадающих атмосферных осадков может привести к более активному развитию суффозионно-карстовых процессов. С учетом глобального потепления [9] Центральное Предкавказье может частично оказаться в климатической зоне умеренного увлажнения, так по прогнозам к 2020г количество атмосферных осадков может увеличиться на 7%, к 2050г на 9% (по данным Российского Института Глобального Изменения Климата, Израэль Ю.В.). В связи с этим среднегодовая норма атмосферных осадков по Шпаковскому району увеличится с 623мм до 680мм, а в целом по Ставропольскому краю с 460мм до 500мм.

### **Заключение**

Исходя из вышеизложенного, следует отметить, что карстово-суффозионные процессы развиты локально на Ставропольской возвышенности, в основном на обрамлении сарматского плато. Проявляются они в виде карстово-суффозионных полостей, каналов, воронок, блюдцеобразных понижений и пещер, в основном небольшого размера. Площадью их развития, как правило, являются участки пересечения тектонических нарушений различной ориентации, наличие значительных сил гидродинамического давления и др.

На схеме распространения пород, подверженных карстово-суффозионным явлениям (рис. 4) выделены участки максимально возможного воздействия суффозии и карста (III и IV) на существующие МГ и ГП-отводы ООО «Газпром трансгаз Ставрополь». Схема с выделенными участками позволит повысить экологическую и промышленную безопасность объектов, находящихся в ведении ООО «Газпром трансгаз Ставрополь» при строительстве и проведении капитального ремонта МГ и ГП-отводов. В настоящее время мониторинг данных участков продолжается, что позволяет гарантированно обеспечивать газоснабжение потребителей, до принятия надежных управляющих решений по реконструкции объектов и выводу их из зоны риска.

### **Литература**

1. *Ананьев В.П., Потапов А.Д.* Инженерная геология: учебник. М.: Высшая школа, 2000. 507. с.
2. *Гаазов В.Л.* Прогулки по Ставропольской возвышенности. Ставрополь: Ставропольсервисшкола, 2003. 172 с.
3. *Гейдеко Т.В., Пушков А.М.* Отчет о сейсморазведочных работах МОГТ одноотрядной партии 8/96 в пределах Сенгилеевской седловины Ставропольского свода, Южно-Ставропольского вала на территории Шпаковского и Изобильненского районов Ставропольского края. Ставрополь: АООТ СНГФ, 1997. 189 с.
4. Геология СССР. Том IX. Северный Кавказ / Под ред. *И.И. Малышева*. М., Л.: Мингео СССР, 1947. 600. с.
5. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Серия скифская. Лист L-38-XXV (Шпаковское). Объяснительная записка. Изд-е 2-е. М.: МПР РФ, 1999.
6. *Гниловской В.Г.* Колдцеобразная пещера. Материалы по изучению Ставропольского края. Вып. 2-3. Ставрополь, 1950. С. 37-43.
7. *Гниловской В.Г.* Новейшая тектоника Центрального Кавказа и Предкавказья и ее отражение в рельефе. Материалы АН СССР. Отд. оттиск из книги: Русская и Сибирская платформы и их обрамление. М., 1963. С. 89-98.
8. *Запорожченко Э.В.* Инженерно-геологический опыт проектирования, строительства и эксплуатации первой очереди Большого Ставропольского канала. Ставрополь: Ставропольское книжное изд-во, 1974. 123 с.
9. *Израэль Ю.В.* Возможные антропогенные изменения климата России в 21 веке. М.: Материалы

- всемирная конференции по изменению климата, 2003. С. 10-16.
10. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Инженерная геология и охрана окружающей среды. Ростов н/д: РГУ, 1993.
  11. Курочкин А.Г. Отчет о проведении исследований поляризационным методом ВСП в 4-х скважинах северо-ставропольского ПХГ. Ставрополь: АООТ СНГФ, 2002. 202 с.
  12. Лазарев В.С. Отчет о геологопоисковых работах на балластные материалы вдоль линии Кавказская-Дивное. Краснодар, 1945. 148 с.
  13. Справочник по инженерной геологии / Под ред. М.В. Чуринова. М.: Недра, 1968. 540 с.
  14. Сафронов И.Н. Карстовые явления на Ставропольской возвышенности // Труды СГПИ. Вып. 11. Ставрополь, 1957. С. 67-74.
  15. Мартынов Л.Н. Отчет сейсморазведочной партии 02/02 о результатах сейсмических работ МОГТ 2D и ВСП на Северо-Ставропольском ПХГ в Изобильненском и Шпаковском районах Ставропольского края. Кострома: Костромагеофизика, 2002. 169 с.
  16. Можейко Е.М., Русаев В.П. Отчет о результатах детальной разведки Пелагиадинского месторождения известняка-ракушечника в Ставропольском крае. Ростов-на-Дону, 1952. 257 с.