



## **ГЕОЛОГИЯ И ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ ЗАПАДНОГО УРАЛА**

**Выпуск 2 (39)**

**Пермь 2019**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

# Геология и полезные ископаемые Западного Урала

Сборник научных статей

Выпуск 2(39)

*Под общей редакцией П. А. Красильникова*



Пермь 2019

УДК 550.8+622  
ББК 26.3  
Г36

**Геология** и полезные ископаемые Западного Урала: сб. науч. Г36 ст. / под общ. ред. П. А. Красильникова; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2019. – Вып. 2(39). – 444 с.: ил.

ISBN 978-5-7944-3085-1

ISBN 978-5-7944-3294-7 (вып. 2(39))

Сборник содержит научные статьи по докладам 39-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, состоявшейся 21 мая 2019 г. на геологическом факультете Пермского государственного университета. Статьи посвящены геологии западного склона Урала, Камского Приуралья и прилегающих территорий. Рассмотрены общие вопросы геологии, проблемы минералогии, литологии, месторождений твёрдых полезных ископаемых, нефти и газа, а также вопросы геофизических методов исследования недр, гидрогеологии, карстоведения, инженерной геологии, экологической геологии.

Для геологов широкого профиля, нефтяников, геофизиков и других специалистов по исследованию недр Земли, добыче полезных ископаемых, экономистов, а также студентов геологических направлений и специальностей вузов.

**УДК 550.8+622**  
**ББК 26.3**

*Печатается по решению ученого совета геологического факультета  
Пермского государственного национального исследовательского университета*

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

к.г.н. П. А. Красильников (гл. редактор), д.г.-м.н. Р. Г. Ибламинов,  
д.г.-м.н. Т. В. Карасёва, д.г.-м.н. В. Н. Катаев, д.т.н. В. И. Костицын,  
д.г.-м.н. О. Б. Наумова, д.г.-м.н. В.В. Середин

ISBN 978-5-7944-3085-1  
ISBN 978-5-7944-3294-7 (вып. 2(39))

© ПГНИУ, 2019

## ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ КАРСТА В КИЗЕЛОВСКОМ УГОЛЬНОМ БАССЕЙНЕ

В Кизеловском угольном бассейне развит карбонатный тип карста. Поверхность пластов покрыта элювиально-делювиальными отложениями. В неоген-четвертичное время территория испытывала тектоническое поднятие, а техногенный фактор, связанный с понижением поверхности карстовых вод в результате откачек в период работы шахт вызвали оживление процессов карстообразования. В статье приведены сведения о литологических особенностях карбонатных толщ, структурно-тектонических и гидрогеологических особенностях развития карста.

**Ключевые слова:** карст, Кизеловский угольный бассейн, гидрогеологические особенности.

**V.N. Kataev, D.R. Zolotarev, I.G. Ermolovich**  
Perm State University, kataev@psu.ru; zolotarev.lpmg@mail.ru; ermol@psu.ru

## FEATURES OF THE KARST DEVELOPMENT IN THE KIZEL COAL BASIN

The carbonate type of karst is developed in the Kizel coal basin. The surface of the carbonate strata is covered with eluvial-deluvial deposits, which delay the process of karst formation. In the Neogene-Quaternary time, the territory is experiencing tectonic uplift, and the technogenic factor associated with the pumping of karst waters during the operation of the mines, caused a revival of the processes of karst formation. The article presents information about lithological features of the karsted carbonate strata, structural-tectonic and hydrogeological features of karst development, details of surface and underground karst forms.

**Key words:** Karst, Kizel coal basin, hydrogeological features

**Введение.** Кизеловский угольный бассейн практически полностью относится к Кизеловскому району карбонатного карста Западно-Уральской зоны складчатости. Здесь развит среднеевропейский или подэлювиальный тип карста (2, 12). На поверхности карстующихся карбонатов сформированы толщи элювиально-делювиальных наносов, в той или иной степени задерживающие процесс карстообразования. В неоген-четвертичное время территория испытывала тектоническое поднятие, а техногенный фактор, связанный с понижением поверхности карстовых вод в результате откачек в период работы шахт вызвали оживление процессов карстообразования. Откачка больших объемов подземных вод изменила их режим и динамику. Осушаемые горные выработки являлись по сути современным, техногенным базисом коррозии, выше которого происходило смещение по вертикали гидродинамических зон. Откачиваемые карстовые воды из карбонатных толщ и трещинно-пластовые воды из угленосной толщи, после контакта с углями получившие химический облик шахтных вод, сбрасывались в поверхностные водотоки – в которых часть живого потока, а иногда и весь по-

ток поглощались поверхностными карстовыми формами, обуславливая добавочный круговорот и интенсифицируя растворение известняков за счет свободной серной кислоты, содержащейся в шахтных водах.

По возрасту карст бассейна представлен «современными» (кайнозойского возраста) формами и древними (каменноугольного возраста). Наибольшая интенсивность карстопроявлений связана с долинами основных рек широтной ориентировки Б.Кизел, Косьва, Усьва.

Общая закарстованность карбонатной толщи затухает с глубиной. Исключение составляет верхняя часть карбонатной толщи визейского яруса ( $C_{1V3}$ ), где карстовые формы фиксируются на большой глубине. Результаты глубокого бурения на севере района (шахтное поле № 15) свидетельствуют о наличии карстовых полостей с вертикальными размерами 1,5-2,0м на глубинах 860-900 м, что соответствует абсолютным отметкам около (-)500 м (рис.). Этап возникновения и развития этих форм связан с перерывом в осадконакоплении, что подтверждается наличием брекчиевидных известняков (карстовой карбонатной брекчии) на контакте пород визейского яруса и среднего карбона.

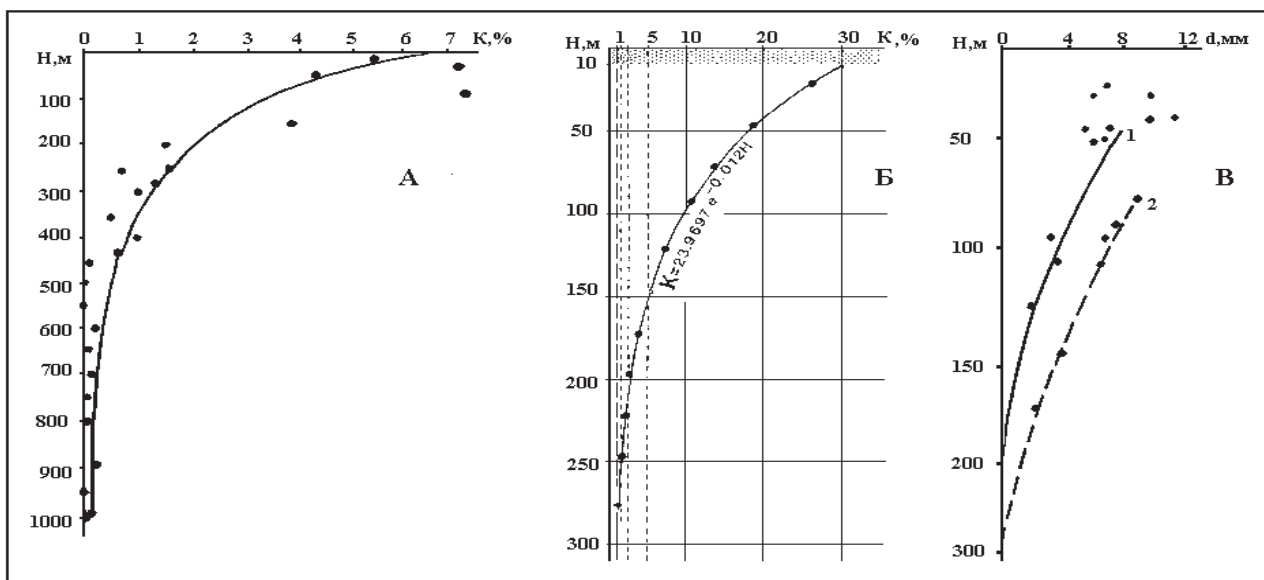


Рис. Характер соотношения между коэффициентами закарстованности (K), раскрытием трещин (d) и глубиной (H): А - в карбонатной толще западного крыла Главной Кизеловской антиклинали (Зап.Урал) по данным 217 буровых скважин (материалы Ю.А. Ежова, 1963); Б - в известняках Динарской провинции по данным 146 буровых скважин (по Р.Т. Milanovic, 1981); В - в толще сланцев Прибалтийского сланцевого бассейна (по М.С. Газизову, 1971)

### **Основные обстановки развития карста.**

**Карстующиеся толщи.** Несомненно то, что карст в Кизеловском бассейне в первую очередь связан с наличием дислоцированной осадочной толщи преимущественно карбонатных пород. Эти толщи слагают до 75 % всей площади бассейна. Степень закарстованности этой толщи связана с ее литолого-петрографическим составом – наличием глинистости, битуминозности. Пространственное распределение поверхностных и подземных карстовых форм зависит от тектонического строения территории, наличия дизъюнктивных нарушений и трещин различной ориентировки. Большую роль в развитии карстовых

форм играет объем и распределение поверхностного стока, объем инфильтрационных вод.

**Структурно-тектонические особенности.** Важным в отношении ориентировки регионального подземного стока и развития в первую очередь подземных карстовых форм является то, что Кизеловский каменноугольный бассейн расположен в Западноуральской зоне складчатости (внешняя зона Уральской складчатой структуры). Здесь весь комплекс палеозойских пород смят позднепалеозойскими движениями в серию ассиметричных, опрокинутых на запад складок. По морфологии это складки линейного типа с волнистыми шарнирами, которые осложнены надвигами, сбросами различной амплитуды.

Среди более чем десятка основных складчатых структур района, Главная Кизеловская антиклиналь является наиболее интересной. На крыльях этой складки были сосредоточены все основные угледобывающие шахты. Строение антиклинали достаточно сложное. На участке «Углеуральск-Губаха» структура развита наиболее полно и здесь в ядре складки на поверхность выходят среднедевонские отложения. К северу от этого участка антиклиналь погружается под углом  $6-10^{\circ}$  и образует две ветви (Восточная и Западная ветви), разделенные узкой Богородской синклиналью. Восточная ветвь в свою очередь осложнена серией мелких синклиналей и севернее г.Кизела срезается Луньевским надвигом.

В южном направлении строение антиклинали еще более сложное – основную структуру затушевывают малоамплитудные вторичные складки. От широты р.Косьвы простирание основной складки меняется с меридионального на юго-восточное и антиклиналь делится на две ветви. Восточная ветвь погружается не достигнув широты р.Усьва, а Западная на отрезке между реками Косьва-Усьва раздроблена разрывными нарушениями. Южнее долины р.Усьва структура вновь прослеживается ясно и в ее ядре выходят известняки визейского яруса.

Основные складчатые нарушения района сопровождаются разрывными нарушениями, в основном представленными надвигами. Наиболее крупный из надвигов – Луньевский. Амплитуда надвига в северной части района превышает 1000 м. Вся аллохтонная часть надвига смята в складки и осложнена разрывными нарушениями.

Следует отметить, что наиболее крупные разрывные нарушения имеют в основном прямолинейные линии разрывов, совпадающие с меридиональным простиранием складок.

Нарушения сплошности пород в виде трещин имеют важное значение, как для понимания процессов перераспределения подземного стока, так и для понимания процессов направленности карстовых явлений и пространственного распределения карстовых форм.

В породах угольного бассейна основная масса трещин относится к трещинам тектонического генезиса и по механизму разделяется на

- трещины сжатия, ориентированные по простиранию пород;
- трещины отрыва, ориентированные по падению пород;

- трещины скалывания, ориентированные под углом  $45^0$  к падению пород (13, 14).

Отметим, что на участках, где развиты крупные дизъюнктивы, трещины могут иметь местную (региональную) ориентировку.

Основываясь на положениях тектоники и тектонофизики о механизме формирования структур полной складчатости, а также на результатах авторских полевых исследований трещиноватости в породах линейных складок Западно-Уральской зоны складчатости, выделены условные этапы развития данного типа структур (3,4,5).

Два выделяемых этапа протекают совместно, накладываясь друг на друга.

На *первом* этапе, под действием на толщу пород тангенциальных сжимающих нагрузок, ориентированных перпендикулярно длинной оси формирующейся структуры, массив приобретает одноосное напряженное состояние и соответствующую трещиноватость скалывания. Системы трещин скола ориентированы параллельно короткой оси структуры (перпендикулярно длинной оси). При дальнейшем воздействии на толщу пород тангенциальных сжимающих нагрузок наблюдается ее изгибание вдоль длинной оси структуры. На деформированной, изогнутой поверхности возникают касательные напряжения, в результате воздействия которых начинают формироваться продольные трещины отрыва.

С возникновением деформаций изгиба в породах формирующейся структуры фактически начинается *второй* этап ее развития. Толща пород, помимо тангенциальных сжимающих, подвергается воздействию и вертикальных воздымающих усилий. В результате толща приобретает трехосное напряженное состояние и соответствующую трещиноватость, выраженную в системах трещин скалывания, ориентированных по отношению к длинной оси структуры под углом близким к углу скола ( $\alpha$ ) характерному для данного литологического типа пород.

При заложении тектонической складчатой структуры, в условиях потенциально отвечающих возникновению карстового процесса, последний будет развиваться в соответствии с последовательностью формирования тектонических нарушений в пределах складки. Слагающие складчатую структуру породы оказываются вовлеченными в общий процесс денудационного разрушения и переотложения материала, подчиняющиеся превалирующему тектоническому режиму.

Практика карстологических исследований показала, что максимальное карстоформирующее преимущество получают нарушения сплошности пород 1) совпадающие по простиранию с направлением регионального подземного стока, 2) открытые для формирования субгоризонтального площадного или локализованного потока (водопроницаемые по простиранию пород), 3) обеспечивающие гидродинамическую связь подземных вод разных горизонтов (водопроницаемые по падению пород, 4) имеющие гидродинамическую связь с поверхностной дренажной системой.

Во всех случаях зоны трещиноватости и разломы, пересекающие региональный подземный сток, активны в карстологическом отношении, если они использованы поверхностными водотоками.

В пределах Кизеловского угольного бассейна это придолинные участки и борта долин рек, пересекающие линейные складчатые структуры в широтном направлении, например р.Кизел, р.Усьва, р. Косьва.

Исследование трещиноватости пород показали, что трещины обычно имеют небольшие размеры и не выходят за пределы слоя (пласта). Трещины одной и той же системы в одном и том же слое (пласте) затухают, и рядом с ними кулисообразно расположены другие трещины этой же системы. В соседнем слое (пласте) трещина этого же направления расположена несколько в стороне, кулисообразно по отношению к первой. По простиранию трещины также прослеживаются недалеко.

**Гидрогеологические особенности.** Подземные воды Кизеловского бассейна приурочены к двум различным группам отложений: к четвертичным отложениям элювиально-делювиального генезиса и к коренным породам палеозоя.

Воды четвертичных отложений, в зависимости от их состава, или циркулируют по отдельным водоносным горизонтам или насыщают всю толщу отложений. Водоносность четвертичных покровов зависит от количества атмосферных осадков. Воды покровов дренируются эрозионными врезами или просачиваются в толщу коренных пород. Запасы вод четвертичных покровов незначительны или ограничены.

Основными подземными водами, влиявшими на особенности угледобычи в Кизеловском бассейне являются:

- пластовые воды, приуроченные преимущественно к отложениям угленосной свиты;
- карстовые и трещинно-карстовые воды карбонатной толщи, покрывающей угленосную свиту (13).

Наиболее распространенными являются трещинно-карстовые воды, из них наибольшее значение при разработках каменного угля приобретали воды карбонатных толщ визейского и серпуховского ярусов ( $C_1V_3+s$ ), непосредственно покрывающие угленосную толщу. И пластовые и трещинно-карстовые воды, как правило, имеют атмосферное питание. Объемы питания водоносных горизонтов определяются площадями их выходов на поверхность – инфильтрационным и инфлюационным поглощением поверхностного, в том числе и части руслового стока. Не исключается и взаимное питание водоносных горизонтов в зонах высокоамплитудных разрывных нарушений (9).

Кизеловский район характеризуется небольшим количеством атмосферных осадков. Сумма осадков в районе Кизеловского угольного бассейна составляет 600-800 мм/год, в среднем 700 мм/год. Испарение на севере района достигает 250 мм/год, на юге до 300 мм/год, в среднем 275 мм/год (13). Следовательно, на пополнение запасов подземных вод и поверхностный сток расходуется 400-425 мм/год. Поверхностный сток варьирует от 300 до 400 мм. В пределах выхода на поверхность или под четвертичные отложения закарстованной карбонатной



толщи примерно 50-60 % стока (255-300 мм/год) поглощается трещинами и поверхностными карстовыми формами (воронками). В долинах карстовых рек в ряде случаев поглощение поверхностного стока составляет 100 % (например, р.Вьящер).

Водообильность горизонтов изменяется не только по простиранию пластов в меридиональном направлении, но и по падению. Водообильность угленосной толщи и вышележащей карбонатной толщи связаны со степенью их гидравлической связи с горными выработками.

Подземный сток из верхних горизонтов. Частично водоносные горизонты разгружаются в виде источников в долинах рек и особенно в тех, которые ориентированы вкрест простирания водоносных горизонтов. Районными базисами эрозии являются днища основных рек Б.Кизел, Косьва, Усьва, Вильва. По данным И.А. Печеркина (13) питание этих рек за счет подземных вод составляло около 12,5 м<sup>3</sup>/сек или около 3,9 км<sup>3</sup>/год и приблизительно 0,1 км<sup>3</sup>/год (96 360 000 м<sup>3</sup>/год) этого питания было обусловлено шахтными водами (подземными водами, откачиваемыми из выработок, находящихся гораздо ниже районных базисов эрозии).

Наличие в районе субширотных долин рек, являющихся по сути региональными дренажными артериями руслового стока, обусловило формирование в придолинной части зон относительно активного поперечного к долине реки стока, перехватывающих воды верхних водоносных горизонтов. Наличие таких зон и их связь с закарстованностью в конце 30-х – начале 40-х гг. XX в. отмечал М.С. Кельманский по результатам изучения гидрогеологических условий производства горных работ под закарстованными отложениями (7, 8).

Позднее на карстовой конференции 1947 г. З.А. Макеев и Ф.А. Макаренко так же отмечали наличие таких зон и их роль в перераспределении подземного стока (10, 11).

В Кизеловском районе наиболее крупной дренажной артерией является долина р.Косьвы, имеющей наибольшую, по сравнению с другими реками, глубину эрозионного вреза. Именно здесь фиксируется наибольший объем перехватываемых подземных вод – до 6,5 м<sup>3</sup>/сек.

Предположительно, зона поперечного стока имеет мощность 200-250 м. М.С. Кельманский включает в эту зону и так называемую зону активного карста, состоящую в свою очередь из зон вертикальной нисходящей циркуляции (60-100 м), горизонтальной циркуляции (50-70 м), сифонной циркуляции. Разгружаются воды зоны поперечного стока в виде источников в бортах долин рек или непосредственно в русло, русловой аллювий или в подрусловый поток.

В пределах самой долины поперечный сток меняется на продольный соответствующий направлению речной долины и направленный по направлению течения руслового потока в аллювии или в коренном ложе долины по порам, кавернам, трещинам, карстовым полостям. Часть этого потока по мере продвижения встречает гидродинамические барьеры в виде отложений с относительно слабой проницаемостью, поднимается и продолжает движение в аллювии или разгружается в виде восходящих источников по берегам или в русле рек, а

часть пополняет запасы более глубоких горизонтов, участвуя в глубинном стоке.

В целом, подземный сток из верхних горизонтов согласуется простиранием геологических структур. Верхние горизонты до абсолютной отметки +140 м в центральной части района (отметка долины р.Косьва 145-150 м, р. Усьва 163 м) и до + 130 м в южной (отметка долины р.Вильва 135 м) разгружается в речные долины в виде источников или в виде подземных локализованных потоков. С территорий севернее долины р.Косьвы сток имеет южное направление, а с территорий южнее долины р. Косьвы – северное направление.

Сток из верхних горизонтов в пределах Коспашско-Полуденной синклинали направлен на север в бассейн р.Б.Кизел.

Сток из верхних горизонтов в пределах Гремячинской синклинали (южная часть бассейна) направлен на юг к долине р.Вильва.

Глубинный подземный сток в Кизеловском районе имеет преимущественно северное направление и связан с особенностями структурного строения. Сток глубоких горизонтов и сток верхних горизонтов, как правило, по направлению не совпадают.

Глубинный подземный сток происходит по синклинальным структурам Косьвинской, Коспашско-Полуденной, Косогорской. Сток направлен на север и далее в Предуральскую депрессию.

Из синклиналей, расположенных южнее долины р.Косьвы – Бруснянской, Шумихинской, Гремячинской сток идет в Косьвинскую синклиналь, где в условиях замкнутой депрессии подземные воды накапливаются и по разрывным нарушениям перераспределяются в нижележащие горизонты и северную часть района.

**Гидрохимические особенности подземных вод.** Подземные воды района зоны активного водообмена во всех водоносных горизонтах коренных отложений по составу являются гидрокарбонатно-кальциевыми ( $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ ). Третьим компонентом может выступать  $\text{SO}_4$ ,  $\text{SiO}_2$  или  $\text{Mg}$ . Воды близки к нейтральному или слабощелочному типам – значения pH варьируют в пределах от 7,0 до 7,5. Среднее содержание основных катионов и анионов в подземных водах (в  $\text{мг/дм}^3$ ) района характеризуется следующими значениями: Ca – 48,3; Mg – 10,7; Cl – 7,4;  $\text{SO}_4$  – 10,0;  $\text{HCO}_3$  – 184,7. Температура воды источников и скважин обычно колеблется в пределах 3° - 5°.

Следует отметить, что в природных подземных водах катионы  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$  практически отсутствовали. В ряде случаев они присутствовали в водах в виде следов в водах турнейских отложений, в водах угленосной толщи и карбонатной толщи визейского яруса.

Значения минерализации в зависимости от водоносного горизонта изменяются от 200 до 370  $\text{мг/дм}^3$ . Максимальное значение минерализации на уровне 370-375  $\text{мг/дм}^3$  характерно для вод угленосной толщи, где оно определено повышенным содержанием  $\text{HCO}_3$  до 235  $\text{мг/дм}^3$ , Ca до 65  $\text{мг/дм}^3$  и  $\text{SO}_4$  до 22  $\text{мг/дм}^3$  относительно средних значений по водоносным горизонтам района.

В верхнедевонских, турнейских и визейских отложениях воды в незначительных количествах могут содержать сероводород ( $H_2S$ ). В некоторых случаях, воды верхнедевонских отложений содержат  $H_2S$  до  $70 \text{ мг/дм}^3$ . Воды в незначительных количествах (до  $4-5 \text{ мг/дм}^3$ ) могут содержать и углекислый газ ( $CO_2$ ), содержание которого, например в отложениях угленосной толщи может повышаться до  $27 \text{ мг/дм}^3$ .

Содержание кремнезема ( $SiO_2$ ) в целом для вод района составляет  $10-12 \text{ мг/дм}^3$ , повышаясь в трещинно-карстовых водах визея и верхнего карбона до  $30 \text{ мг/дм}^3$ .

**Поверхностные карстопроявления.** Поверхностные карстовые формы преимущественно представлены воронками, котловинами, уступами, гротами, логами, суходолами, слепыми долинами и долинами карстовых рек.

Практически все линейные формы поверхностного карста и поля воронок ориентированы меридионально по простиранию пород или по линиям разрывных нарушений.

**Воронки** являются наиболее распространенной формой. По данным Л.С. Кузнецовой на Луньевско-Кизеловском участке закартирована 1251 воронка. Поля воронок развиты к западу от Луньевского надвига, на правом склоне долины р. Кизел и на водоразделе между реками Кизел и Виашер (9).

В процессе съемки было отмечено, что наибольшая часть воронок развита в условиях пологих углов падения элементов рельефа, где поверхностный сток относительно минимален (табл. 1).

Таблица 1. Распределение воронок на различных по крутизне склонах в пределах поля ш. №6 и поля № 15 (9)

Площадь поверхностей данной крутизны, $\text{км}^2$	Количество воронок	Количество от общего числа воронок, %	Плотность на $1 \text{ км}^2$	Угол склона
13,33	477	68,4	33	$1^\circ-2^\circ$
6,47	148	25,6	23	$4^\circ-5^\circ$
4,2	34	6	9	$6^\circ$

При этом воронки в сечении конусовидные, а в плане имеют овальную или изометричную форму. Как правило, склон воронки по падению пород пологий ( $10^\circ-20^\circ$ ), а противоположный крутой ( $30^\circ-45^\circ$ ). На дне таких воронок часто имеются поноры. Реже, преимущественно на плоских водоразделах и на пологих склонах водоразделов, встречаются воронки блюдцеобразного сечения. Такие плоские воронки не имеют поноров.

Замечено и то, что поля воронок имеют цепочечный вид или располагаются отдельными группами в меридиональном направлении по простиранию карбонатных пород. Поля воронок приурочены к

- контактам литологически различных пород (часто визейских карбонатов и отложений угленосной толщи);
- зонам тектонических нарушений;

- участкам выходов полого залегающих и хорошо карстующихся пород.

Размеры воронок в плане весьма различны. Наибольший размер достигает 70-80м, а глубина 25-30м.

Все вышеперечисленные причины имеют место, например, на западном крыле Главной Кизеловской антиклинали, где воронки располагаются на границе отложений визея  $C_1v_3$  и среднего карбона ( $C_2$ ), а также  $C_2$  и  $C_3$  и на полях развития этих пород (табл. 2).

Наибольшее число воронок, в том числе и с понорами, приурочено к карбонатам визейского яруса.

По своему происхождению карстовые воронки главным образом эрозионно-коррозионные, реже провальные. Почти все воронки являются поглотителями как атмосферных вод, так и речных.

Таблица 2. Распространение карстовых воронок на участках выходов на поверхность карбонатных пород каменноугольного возраста в пределах поля ш.№6 и поля №15 (9)

Возраст пород	Количество воронок	В том числе с понорами	% к общему числу воронок
$C_1^2$ (визейский ярус, $C_1v_3$ )	411	52	62 %
$C_2$	223	42	33,6 %
$C_3$	29	1	4,4 %

**Гроты** встречаются в крутых склонах крупных логов, в их верхней и средней частях. Гроты, как правило, имеют форму полусфер высотой до 4 м, шириной и глубиной до 3м. Предположительно гроты это остатки полостей, срезанных эрозией при углублении долин логов и рек.

**Сухие и слепые долины** являются характерными формами карстового ландшафта. В Кизеловском районе большое количество рек с долинами, заложенными в известняках, в средних и нижних частях течения теряют свой поверхностный поток. На таких участках формируется подруслового поток. Подруслового поток может «опускаться» на глубины более 20м от дна суходола. В некоторых случаях суходола образуют висячие (по отношению к принимающей дрене) долины (Ладейный, Свиной и др.). Днища суходолов осложнены воронками, понорами. В том случае, когда река поглощается в подножии циркообразного обрыва известняковых скал, ее долина принимает вид слепой долины.

**Карстовые лога** формируются при слиянии воронок, расположенных в виде цепочки. Ориентировка логов связана с ориентировкой зон трещиноватости и ориентировкой пликативных и дизъюнктивных структур.

Карстовые лога осложняют склоны долин рек, а в гидрогеологическом отношении локализуют сток подземных вод, получающий инфильтрационное питание как на водоразделах, так и в самих логах, их устьевых частях, где, как правило, фиксируется большее количество воронок.

**Суходола и карстовые реки** фиксируются в пределах выходов закарстованных карбонатных отложений. Долины суходолов и карстовых рек имеют эрози-

онно-карстовое происхождение. В таких долинах поверхностный водоток наблюдается только в паводковый период. Такие карстовые формы как воронки и лога приурочены или к их истокам, или к широкому днищу долины в среднем течении.

**Подземные карстовые формы.** Подземные карстовые формы представлены кавернами, трещинами, расширенными растворением, карстовыми полостями, пещерами. Подземная закарстованность пород оценивалась преимущественно по керну буровых скважин по двум показателям – линейному и объемному коэффициентам. Значения коэффициентов связывались с глубиной залегания пород, с литологическим и химическим составом закарстованных пород отдельных слоев и горизонтов (1).

Данные коэффициенты являются основными при характеристике закарстованности того или иного горизонта в пределах Кизеловского угольного бассейна. Значения этих коэффициентов приводятся при описании закарстованности как по шахтным полям, так и по отдельным горизонтам в специальных разделах отчетов по закарстованности.

*Линейный коэффициент закарстованности* имеет свои достоинства и недостатки. К достоинствам относится быстрота подсчета, а к недостаткам – недоучет каверн, направленных не вдоль керна, а внутрь его.

Линейный коэффициент вычисляется по следующей формуле:

$$K_{\ell} = \Sigma S \cdot 100 / \Sigma \ell,$$

где  $\Sigma S$  – сумма длины каверн, измеряемая по длине керна не менее чем в двух противоположных направлениях;

$\Sigma \ell$  – длина керна на изучаемом интервале, умноженная на количество измерений.

Определение *объемного коэффициента* более сложно и он определялся преимущественно для горизонтов визейского яруса:

$$K_v = V_{\phi} / V_a \cdot 100$$

где  $V_a$  – сумма объемов определяемых образцов с объемом каверн (каверны залиты стеарином);

$V_{\phi}$  – сумма объемов каверн этих образцов.

Для характеристики целого стратиграфического горизонта использовался средний объемный коэффициент закарстованности горизонта.

**Каверны и полости** имеют различные поперечные размеры. Наиболее часто встречаются каверны с диаметрами от 3 до 5 см. Анализ результатов бурения визейских отложений северного периклинального замыкания Главной Кизеловской антиклинали является подтверждением тесной связи трещиноватости, пористости, кавернозности и полостности (4, 6).

Исследованная толща характеризуется чередованием закарстованных и незакарстованных зон (по разрезу и латерали), определяемым различием в литологическом и химическом составе пород. В разрезе битуминозные песчанистые и глинистые карбонаты практически не закарстованы. Для известняков характерны единичные и относительно крупные каверны и полости, для доломитов – скопления каверн и пор. Каверны и поры зафиксированы по всей толще карбонатных пород до глубин 800 м от поверхности. Чередование известняков и до-

ломитов, содержащих карстовые полости, подразделяется на четыре типа различной степени встречаемости.

*I тип.* «Доломиты-доломиты». Встречаемость в разрезе 41 %. Поперечные размеры каверн достигают 8 см. Вертикальный размер полостей достигает 7,0 м.

*II тип.* «Доломитизированные известняки-доломитизированные известняки». Встречаемость в разрезе 11 %. Каверны диаметром от 5 до 8 см. Полости с вертикальными размерами от 3,0 до 7,0 м.

*III тип.* «Известняки-доломиты». Встречаемость в разрезе 24 %. Вертикальный размер полостей достигает 2,5-3,0 м.

*IV тип.* «Известняки-известняки». Встречаемость в разрезе 24 %. Вертикальные размеры полостей от 0,2 до 0,5 м, крайне редко до 2,5 м.

Полости в карбонатах, вскрытые при бурении, чаще имеют вертикальные размеры 2-4 м. Встречаются полости без заполнителя и с заполнителем. Полости (высотой до 2 м) обнаружены на отметках ниже уровня моря на 350 м и ниже уровней местных базисов эрозии на 550-600 м.

**Пещеры.** Только в Кизеловском районе карбонатного карста, расположенного от верхнего течения р. Язьвы на юг до междуречья Усьвы и Вильвы известно более 200 пещер в карбонатных породах девона, карбона и перми. Наиболее крупные из них Кизеловская Виашерская (7600 м), Геологов-2 (3400 м), Росийская (1450 м), Темная (1300 м), Мариинская (1000 м). В Чусовском районе карбонатного карста, который является южным продолжением Кизеловского района, известны 95 пещер в карбонатных породах девона и карбона (2).

#### **Библиографический список:**

1. Бунина-Кулинич М.В. Карстовые явления в визейских отложениях полей 6 и 15 и их зависимость от литолого-химического состава пород. Рукоп. фонды, Углеразведка, 1936
2. Горбунова К.А., Андрейчук В.Н., Костарев В.П., Максимович Н.Г. Карст и пещеры Пермской области. -Пермь: Изд-во ПГУ, 1992. -200с.
3. Катаев В.Н., Печеркин А.И., Махорин А.А. Изучение закарстованных и трещиноватых зон в инженерном карстоведении (на примере горно-складчатых областей): Учебное пособие по спецкурсу. Пермь, 1987. 88с.
4. Катаев В.Н. Теория и методология структурно-тектонического анализа в карстоведении: Дис. ... д-ра геол.-минер.наук / ПермГУ.-Пермь, 1999.-451с. (на правах рукописи).
5. Valerii Kataev, Irina Ermolovich. The patterns of the tectonic joints distribution and karst forms in the layer of sedimentary rocks // 18<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2018. Science and technologies in Geology, Exploration and Mining. 30 June – 9 July, 2018. Albena, Bulgaria. Conference proceedings. Issue 1.2. Hydrogeology, Engineering Geology and Geotechnics / Pulished by STEF92 Technology Ltd., 51 “Alexander Malinov” Blvd., 1712 Sofia, Bulgaria. 2018. P. 719-726.
6. Катаев В.Н., Ермолович И.Г. Структурно-текстурные ассоциации, трещиноватость и закарстованность карбонатных пород // материалы VI Всероссийского литологического совещания «Концептуальные проблемы литологических исследований в России». – Казань, 2011, т.1. С. 367-371].
7. Кельманский М.С. Отчет о результатах комплексных гидрогеологических исследований, проведенных в 1938 г. по заданию треста «Кизелуголь». Фонды треста «Кизелуглегеология», 1939.
8. Кельманский М.С. Гидрогеологические условия производства горных работ под карстами на шахтах им. Ленина, им. Володарского и им. Калинина. Фонды треста «Кизелуглегеология», 1941.

9. Кузнецова Л.С. Отчет о геоморфологической съемке Луньевско-Кизеловского участка Кизеловского каменноугольного бассейна /поля шахты 6 Капитальной и Владимирской синклинали/, провед. летом 1948 г., фонды треста Кизелугольразведка, 1949.

10. Макеев З.А. Карст и вопросы подземного стока. Тезисы докладов Молотовской конференции. Молотов, 1947.

11. Макаренко Ф.А. Гидрогеологические закономерности развития карста. Тезисы докладов Молотовской конференции. Молотов, 1947.]

12. Максимович Г.А. Основы карстования. Пермь. Т. 1. 1963. 444 с.

13. Печеркин И.А. Подземные и шахтные воды Кизеловского каменноугольного бассейна / диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук, г. Молотов, 1955. Молотовский государственный университет им. А.М. Горького. 313с.

14. Плюснин К.П. Методика изучения тектонических структур складчатых поясов. Изд-во ПГУ, Пермь, 1971.

15. Пространственное соотношение химического состава вод иренского водоносного горизонта и карстовых форм (на примере территории г. Кунгура) / Катаев В.Н., Лихая О.М., Ковалева Т.Г., Золотарев Д.Р., Щербаков С.В. // Вестник Пермского университета. Геология. 2009. № 11. С. 66-76.

**О.В. Клещкина<sup>1</sup>, А.З. Ощепкова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> ФГБУ УралНИИ «Экология», г.Пермь

## МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОБОСНОВАНИЮ КРИТЕРИЕВ ДОПУСТИМОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОБЪЕКТА РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ НА ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Рассмотрены критериальные значения состояния подземных вод, используемые для оценки воздействия объектов размещения отходов на подземные воды. Предложено использование критериев допустимого воздействия объектов размещения отходов на подземные воды. Представлен алгоритм научного исследования в целях обоснования такого рода критериев.

**Ключевые слова:** критерии допустимого воздействия, подземные воды, объекты размещения отходов, гидрогеологическое моделирование.

**O.V. Kletschina<sup>1</sup>, A.Z. Oschepkova<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> FSBI UralSRI »Ecology», Perm

## ABOUT METHODOICAL APPROACH TO SUBSTANTIATION OF CRITERIA OF ADMISSIBLE IMPACT OF THE SUBJECT OF LANDFILL ON UNDERGROUND WATERS WITH USE OF HYDROGEOLOGICAL MODELLING

The criteria values of a condition of underground waters used for assessment of impact of subjects to placement of waste on underground waters are considered. Use of criteria of admissible impact of subjects to placement of waste on underground waters is offered. The algorithm of scientific research for justification of such criteria is presented.

**Key words:** criteria of admissible influence, underground water, landfills, hydrogeological modeling.