

1. **Геологический словарь.** Том 1. М.: Недра, 1978. 486 с.
2. **Елохина С.Н., Арзамасцев А.А., Дубейковский С.Г.** Влияние горнодобывающей деятельности на гидрогеологические и инженерно-геологические условия селитебных территорий // Современные проблемы гидрогеологии и гидрогеомеханики : Сб. докл. конф. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2002. С. 262-270.
3. **Елохина С.Н., Футорянский Л.Д.** К методике прогноза скорости затопления подземных горных выработок // Известия УГГГА. Вып. 15. Серия: Геология и геофизика, 2002. С. 227-231.
4. **Елохина С.Н.** Некоторые аспекты техноприродных опасностей при ликвидации подземных горных выработок // Оценка и управление природными рисками. Т. 1. Мат-лы Всерос. конф. "Риск-2003". М.: Изд-во Российского университета дружбы народов, 2003. С. 92-95.
5. **Кочетков М.В., Кашковский Г.Н. и др.** Эколого-геологические последствия массового затопления ликвидированных угольных шахт Восточного Донбасса // Разведка и охрана недр. 2001. № 5. С. 33-38.
6. **Норватов Ю.А., Петрова И.Б., Миронов А.С., Норватова О.И.** Гидрогеологические проблемы ликвидации шахт в Восточном Донбассе // Современные проблемы гидрогеологии и гидрогеомеханики: Сб. докл. конф. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2002. С. 137-141.

УДК 624.131.1

Э.И. Афанасиади, С.В. Горбова

### ГЕОДИНАМИКА КАРБОНАТНОГО КАРСТА СУХОЛОЖСКО-БОГДАНОВИЧСКОГО РАЙОНА (ВОСТОЧНЫЙ СКЛОН УРАЛА)

Вопросы изучения геодинамики карбонатного карста на Восточном склоне Среднего Урала приобрели в наше время особую актуальность в связи с постоянно увеличивающейся техногенной нагрузкой на территории, приводящей к активизации процесса и влекущей за собой угрозу нормальной эксплуатации инженерных сооружений, большого экономического и экологического ущерба.

Авторы считают невозможным рассмотрение геодинамики карста без подробного изучения палеогеографических условий формирования карстующихся пород, выделения эпох карстования, а также современных тектонических и гидрогеологических условий, определяющих развитие карста в наши дни.

Рассматриваемый район находится в восточной части Свердловской области и представляет собой слабо всхолмленную и покатуую равнину с высотными отметками 160-180 м над уровнем моря (рис. 1). Район пересекается долиной реки Пышмы и ее притоками - реками Рефтом, Рудянкой, Знаменкой, Брусаяной, Шатой и долиной р. Исети с притоками - р. Патрушихой, Каменкой, Синарой, Багаряком. Речные долины характеризуются значительной врезанностью, крутизной склонов, глубиной до 35-50 м при относительно небольшой ширине 250-500 м. По этой причине береговые склоны названных рек дают прекрасные разрезы развитых здесь палеозойских и мезозойских образований, скрытых на большей части территории чехлом четвертичных отложений. Палеозойские отложения представлены вулканогенными породами совместно с морскими терригенными и хемогенно-органогенными осадками, в том числе широко развиты рифовые постройки [3].

Согласно геоморфологическому районированию Урала (Шуб, Сигов, 1963 г), исследуемая территория располагается в пределах двух геоморфологических районов - восточной части отпрепарированного Зауральского пенеплена и континентально-морской цокольной равнины Западно-Сибирской низменности. Граница между районами проводится по западной окраине т.н. Курьи (на севере), восточнее села Кашино, по восточной окраине г. Богдановича и села Троицка, восточнее Полдневского рудника. На отдельных участках она проходит по денудационно-тектоническому уступу, вероятно подновленному неотектоническими поднятиями.



Рис. 1. Схема расположения района работ:  
Выделен район детальных исследований

Зона отпрепарированного пенеплена Урала располагается в западной части района и приурочена к возвышенным участкам территории. Морфологически это плоская слабоволнистая поверхность с абсолютными отметками 178,0-158,0 м. Ширина ее составляет 5-9 км. Характерными формами рельефа являются значительные по площади выровненные участки, чередующиеся с пологими холмами вытянутой формы и долинообразными ложбинами, а также глубоко врезанные речные долины. Влияние литологии палеозойского фундамента на распространение форм рельефа почти не ощущается. Незначительные повышения в рельефе связаны как с малоустойчивыми к выветриванию породами (известняки, песчаники, алевролиты, конгломераты), так и с диоритами, диабазами (породы средней устойчивости к химическому выветриванию). Широко развиты в пределах зоны отрицательные формы рельефа (карстовые), приуроченные к полосе известняков [1, 5].

Восточная часть площади относится к области континентально-морской цокольной равнины, в формировании которой немалую роль сыграли аккумулятивные процессы плиоцен-четвертичного времени. Район представляет собой слабо пологоволнистую равнину с широкими, большей частью заболоченными междуречьями, на которых породы фундамента перекрыты толщей мезокайнозойских морских и континентальных отложений. Мощность этих образований увеличивается в восточном-юго-восточном направлении от единиц метров до 70-100 м. Основными морфологическими элементами этой зоны являются плоские заболоченные котловины, разделенные небольшими грядами с относительным превышением над болотами 0,5-1,5 м. Широко развит микробугристо-западинный рельеф, приуроченный к площадям распространения осадков серовской свиты. Речные долины основных рек хорошо разработаны, являются эпигенетическими - прорезают чехол рыхлых отложений, вскрывая породы палеозоя.

В общих чертах современный рельеф района был сформирован в докайнозойское время под влиянием денудационных процессов, протекавших в мезозое (мезозойский пенеплен). В последующее время происходило неоднократное омоложение рельефа. В верхнемеловое-палеогеновое время район испытывает медленные погружения, сопровождавшиеся трансгрессией моря. Наступление моря способствовало захоронению сформировавшегося рельефа под чехлом морских осадков мела и палеогена и его выравниванию.

В олигоценовый континентальный период, характеризующийся резкими поднятиями восточного склона Урала (Шуб, 1971), на территории района происходит заложение новой речной

сети и размыв морских осадков. Амплитуда поднятия западной части района (отпрепарированного пенеппена Урала) была значительно выше восточной (континентально-морской цокольной равнины). В пределах отпрепарированного пенеппена морские осадки были почти полностью уничтожены денудацией. Сохранились они на незначительных площадях в виде изолированных пятен. В миоценовое время происходит размыв древних кор выветривания, выведенных денудацией на дневную поверхность, и образование педишлена. В плиоцен-четвертичный этап в результате тектонических поднятий положительного знака произошла перестройка древней речной сети и заложение новой, сохранившейся до нашего времени. Таким образом, возраст современной поверхности можно считать послезоценовым [5].

Согласно общепринятой схеме тектонического районирования, район работ находится в пределах крупной структуры регионального значения - Алапаевско-Теченского мегасинклинория, являющегося составной частью Восточно-Уральского прогиба. С точки зрения приуроченности района к структурам более низкого порядка (II-го и ниже), площадь исследований охватывает части Каменского и Коптеловского синклинориев.

Каменский синклинорий имеет субмеридиональное простирание и сложен терригенными и карбонатными породами верхнего девона, нижнего и среднего карбона. Падение пород в западной и центральной частях — западное, а в восточной полосе - преимущественно восточное под углом 60-80°.

Каменский синклинорий, в свою очередь, осложнен складками более высоких порядков. В ядрах синклинальных складок располагаются узкие полосы обломочных пород среднего карбона, смятые в мелкие изоклинальные складки. Простирание складок и отдельных полос обломочных пород среднего карбона меридиональное и субмеридиональное.

Кроме пликтивных дислокаций, Каменский синклинорий рассечен рядом тектонических разломов. Один из них проходит вдоль западной окраины полосы карбонатных пород нижнего карбона. Другой рассекает отложения карбона по простиранию на две части и прослеживается примерно между селами Троицкое и Байны. Третий разлом фиксируется вдоль восточного контакта обломочной толщи среднего карбона с триас-юрскими и пермо-триасовыми осадками.

Каменский синклинорий, в площадь которого входят центральная и западная части района, представлен осложняющей его структурой IV порядка - Богдановичско-Шаблинской мегасинклиналью, состоящей, в свою очередь, из целого ряда еще более мелких структур (V и более низкого порядков).

Каменский и Коптеловский синклинорий между собой сочленяются по зоне крупного тектонического разлома (Журьинско-Черноскутовское нарушение).

Складчатые сооружения района осложнены разрывными нарушениями меридиональной, широтной и диагональной ориентировки. Сочетание различных систем разрывных нарушений обуславливает блоковое строение, которое особенно наглядно проявлено в западной части площади исследований.

По характеру относительного перемещения блоки можно подразделить: на опущенные, приподнятые и не претерпевшие вертикального перемещения.

Блоки в плане чаще всего имеют форму неправильных трапеций, реже треугольников и многоугольников. Размеры отдельных блоков самые различные, от первых сотен метров до 5-8 км и более в поперечнике.

Все складчатые сооружения района имеют линейный характер. Структуры низких порядков фиксируются выходами различных ярусов и горизонтов каменноугольной системы. Крылья структур осложнены мелкой складчатостью нередко с весьма крутыми углами падения (вплоть до запрокинутости). Мелкая складчатость имеет самые разнообразные формы, часто она изоклинального характера. Углы наклона крыльев от пологих - 10-15° до крутых - 80-85°. Нередко отмечаются опрокинутые и лежащие складки (береговые обнажения рек Пышмы, Кунары).

Заложенные в различное время разрывные нарушения неоднократно подновлялись в течение длительного времени, часто до позднеюрского, реже вплоть до кайнозоя включительно.

В гидрогеологическом отношении район расположен вблизи западной окраины Тобольского артезианского бассейна. Близость к границе с горно-складчатым Уралом определяет специфические условия формирования подземных вод, несущие черты как артезианского бассейна, так и бассейна регионального стока коровых и корово-пластовых подземных вод Восточно-Уральской группы. В пределах района подземные воды приурочены к песчаным разностям покровной толщи (с



характерными чертами Гобольского артезианского бассейна), и породами палеозойского фундамента водоносные комплексы гидравлически связаны между собой [6].

Пластово-поровые воды в четвертичных, неогеновых, палеогеновых, меловых отложениях выделяются в единый водоносный комплекс рыхлых отложений мезокайнозоя, обладающий сравнительно малой водообильностью. Водоносные горизонты платформенного покрова, имеющие на востоке выдержанный литологический состав и разделенные слабопроницаемыми породами, в пределах западной части района неустойчивы по мощности и составу и представляют собой комплекс песчаных линз и прослоев среди глинистого и глинисто-песчаного материала, гидравлически связанных между собой и с породами палеозоя. Наиболее обводненными являются линзы песков верхнего и нижнего мела кварц-глауконитового состава неравномерно-зернистых мощностью 1-3 м, реже 10-15 м, в отдельных случаях эти пески образуют единый водоносный горизонт. Водообильность горизонта неравномерная, дебиты родников не превышают 0,2-0,3 л/с, дебиты скважин до 1,2 л/с при понижениях 5-22 м, преобладающие значения коэффициентов фильтрации 0,1-0,2 м/сутки. Питание подземных вод комплекса осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, разгрузка - в палеозойский комплекс и местные дрены. Отметка уровня подземных вод рыхлой толщи, благодаря разобщенности проницаемых прослоев, различная, но почти всегда выше уровня палеозойского комплекса и всегда составляет 162-164 м. В естественных условиях режим уровня характеризуется резким подъемом в апреле, после чего наблюдается постепенное снижение до очередного паводка. Амплитуда колебания уровня до 3,0 м. Химический состав подземных вод верхнего водоносного комплекса гидрокарбонатный кальциевый, сухой остаток 0,2-0,3 г/л, жесткость 2-5 мг-экв /л [6].

Нижний водоносный горизонт приурочен к трещиноватым закарстованным известнякам нижнекаменноугольного возраста и трещиноватым терригенным породам среднекаменноугольного возраста. В естественных условиях подземные воды, приуроченные к известнякам и терригенным отложениям, имеют единую уровенную поверхность и характеризуются общими условиями формирования, однако обводненность и фильтрационные свойства пород резко различаются. Питание водоносного комплекса происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков и перетекания из рыхлой толщи. Сезонные колебания уровня имеют амплитуду до 1,0 м. Глубина залегания изменяется в широких пределах от 8,5-25,0 м. По положению в геологическом разрезе он обладает безнапорным уровнем и лишь в восточной части района обладает местным напором в зависимости от гипсометрического положения. Этот водоносный горизонт довольно детально изучен на ряде месторождений подземных вод: Кунарском, Полдневском, Мазулинском и др.

Характерной особенностью этого водоносного горизонта является крайне неравномерная его водообильность, обусловленная различной степенью трещиноватости и закарстованности известняков. Трещиноватость и закарстованность прослеживаются до глубин 120-130 м, интенсивная - 80-100 м (Полдневское месторождение подземных вод - Антипин В.И., Евсеева Н.А., Баталов Н.С. - Мазулинское месторождение). По данным Веретенниковой А.С., глубина проникновения карста, кавернозности в карбонатную толщу достигает даже 200-300 м, считая от кровли известняков. Мощность карстовых полостей изменяется в очень широких пределах от 1-2 до 35 м и более. В большинстве случаев известняки характеризуются существенной плановой и фильтрационной неоднородностью. Дебиты скважин изменяются в широких пределах от 0,25 до 100 л/с, удельные дебиты от 0,15 до 0,33 л/с.

Согласно геологической карте М 1:50000 (Соболев, Устюжанинов, 1972) в геологическом строении района преобладают карбонатные породы визейского и намюрского ярусов нижнего карбона, интенсивно дислоцированные, смятые в сложные складчатые системы (рис. 2).

Анализ стратиграфического разреза указывает на частую смену условий осадконакопления. К началу визейского века в результате тектонических поднятий в западной части площади установились прибрежно-морские условия. Восточная - представляла сушу. В ниже- и средневизейское время происходит накопление полифациальных терригенных отложений угленосной толщи. Формируются они в условиях прибрежной равнины, протягивающейся вдоль берегов суши, располагавшейся к востоку в виде узкого прогиба (Восточно-Уральского). Область прогиба испытывала медленные погружения, изобиловала болотами, опресненными бассейнами и служила зоной разгрузки терригенного материала, приносимого с суши. Ширина прогиба колебалась от 50 до 100 км. Западная граница проходила в это время между гг. Сухой Лог и Камышлов. На востоке, на основании косвенных данных, красноцветные отложения московского яруса залегают на плотных, эффузивных (?) образованиях девона - поднимавшаяся суша представляла собой обширный остров,

вытянутый с севера на юг на несколько десятков километров. В течение длительного геологического времени эта суша являлась местной областью сноса и влияла на распределение фаций в средневизейское и среднекаменноугольное время. И только в период максимальной визейской трансгрессии суша, вероятно, заливалась неглубоким морем и превращалась в отмель.

В тульско-алексинское время морская трансгрессия расширяется, захватывая все большие площади. Тульско-Алексинское море достигло широты поселка Курьи. Общие фациальные изменения трансгрессивного цикла отчетливо прослеживаются на фоне постепенного увеличения карбонатности. Если в нижней части тульского горизонта развиты терригенные породы, то в верхней преимущественное развитие получили известняки.

В дальнейшем морская трансгрессия продолжает расширяться, и к началу михайловско-веневского времени на территории района устанавливаются нормально-морские условия.

Характерной особенностью средне-верхневизейского моря были периоды обмеления, обусловленные непостоянным тектоническим режимом (небольшие поднятия на фоне общего погружения). Обмеление приводило к изменению фациальных условий, которые приближались к лагунам (солончочным). Осолонение отражалось и на биоценозах. Фауна обеднялась и мельчала. В михайловское время кратковременные периоды обмеления отмечены маломощными прослоями микрозернистых, пелитоморфных, доломитизированных известняков с обедненным комплексом фораминифер. Наиболее продолжительное обмеление, сопровождающееся интенсивным доломитообразованием, отвечает верхневеневско-серпуховскому времени.

О мелководности морского бассейна свидетельствует также появление в массовом количестве водорослей и зарождение (в веневское время) первых биогенных построек-рифов. Основными рифостроителями были мшанки и известковые водоросли.

В верхнесерпуховско-протвинское время море становится еще более мелководным. Карбонатные осадки представлены в основном рифовыми фациями, которые формировались, судя по литологическим особенностям, скорее всего, в пределах сравнительно узкого поднятия, обусловленного либо существованием тектонического блока, либо локальной положительной структуры.

В протвинское время рифообразование достигло расцвета. Основными рифостроителями остались водоросли, встречаются остатки разнообразных фораминифер, брахиопод, иглокожих, мшанок.

Рифовые массивы располагаются в районе в виде цепочек, вытянутых в меридиональном направлении. При современном эрозионном срезе они обнажаются в долинах рек Кунары, Б. Калиновки.

К началу верхнемюрского (краснополянского) времени в результате медленных поднятий связь Зауральского и Восточно-Уральского морей на широте Среднего Урала была затруднена. Барьером служило мелководье и существование цепи островов, поднимавшихся непосредственно к западу от изучаемой территории. В пределах восточного склона Среднего Урала устанавливаются условия островного мелководья. Основными рифостроителями остаются водоросли, фораминиферы.

Восточнее полосы рифовых известняков распространены черные глинистые известняки либо серые окремненные с желваками и прослоями кремней. Глинистость, некоторая битуминозность, большое количество кремней свидетельствуют о близости суши и установлении временами застойных условий.

Нижнебашкирское время ознаменовалось кратковременной трансгрессией. На территории района установились нормально-морские мелководные условия с пышным развитием водорослей — зеленых, багряных. Таким образом, в среднем карбоне в Сухоложско-Богдановичском районе преобладают известняки биоморфо-водорослевые, в подчиненном количестве присутствуют органогенно-детритовые и органогенно-обломочные.

Высокая чистота известняков, несмотря на близость суши, свидетельствует о наличии барьера, который препятствовал поступлению обломочного материала. Таким барьером, вероятно, служили органогенные постройки — биогермы, располагавшиеся в виде меридиональных цепочек, восточнее от которых условия седиментации не всегда были стабильными.

В верхнебашкирское время физико-географические условия сильно изменились. Эти изменения были тесно связаны с проявлением судетской фазы герцинского орогенеза. Наступил повсеместное поднятие территории, отступление моря на юг — юго-запад.



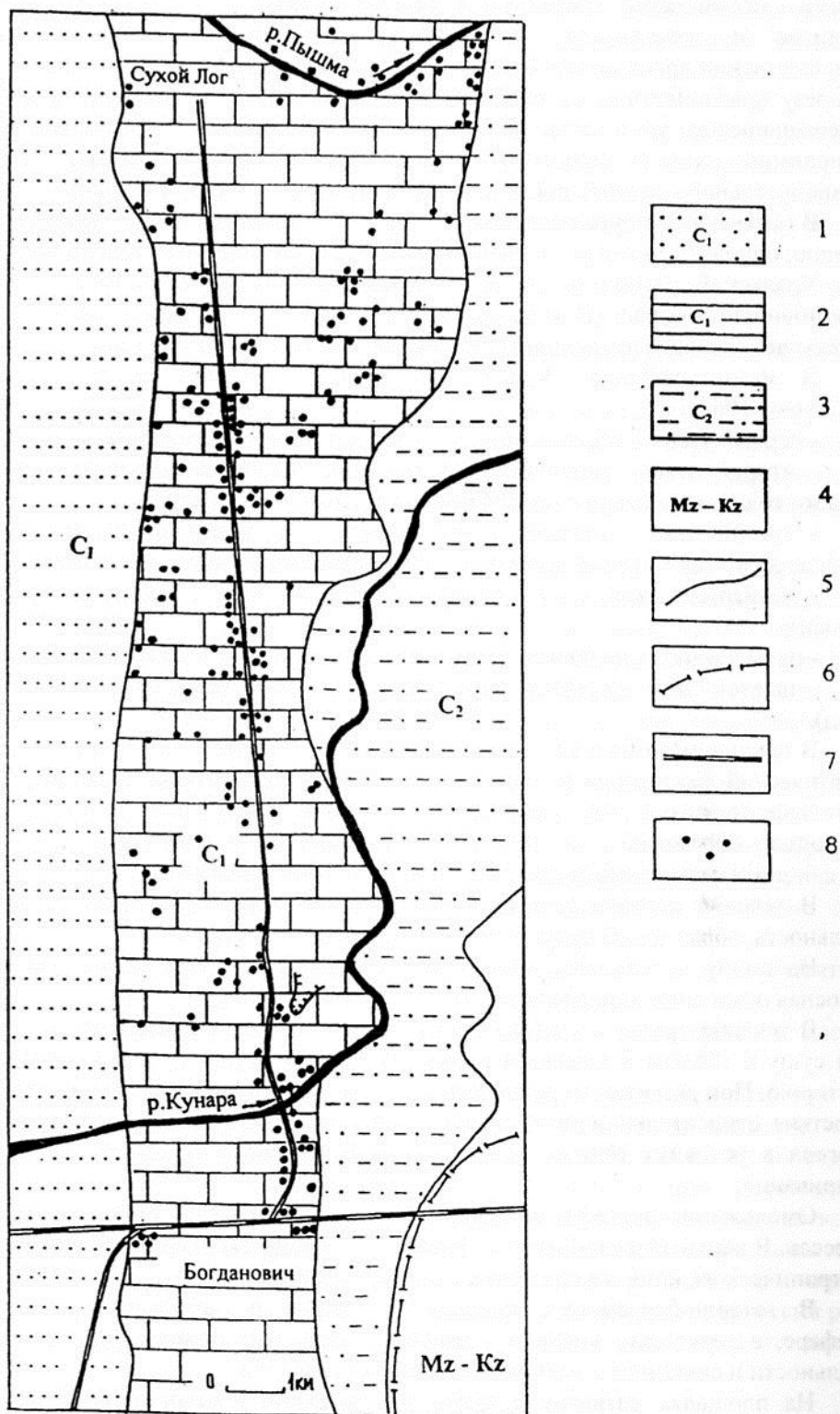


Рис. 2. Схема геологического строения Сухоложско-Богдановичского района:

1 – нижнекаменноугольные терригенные отложения; 2 – нижнекаменноугольные карбонатные отложения; 3 – верхнекаменноугольные терригенные отложения; 4 – мезо-кайнозойские отложения; 5 – геологические границы; 6 – геоморфологическая граница; 7 – железная дорога; 8 – карстовые воронки, котловины, выявленные при карстологической съемке в 2000 г.

Осадки верхней части башкирского яруса – нижней части московского представлены двумя типами разрезов. В северной части площади они сложены преимущественно грубозернистыми осадками - песчаниками, гравелитами, конгломератами, алевролитами с подчиненными прослоями аргиллитов и известняков; в юго-западном углу территории отложения представлены преимущественно аргиллитами с редкими прослоями алевролитов, песчаников и известняков. Выше по разрезу красноцветные отложения московского яруса. Глинистые фракции сероцветных пород верхнебашкирского яруса сложены в основном каолинитом и гидрослюдой, что может указывать на формирование их в гумидном климате. Только первые (сероцветы) отлагались в бассейнах с восстановительной средой, а последние (красноцветы) - с окислительной.

В верхнекаменноугольное и пермское время территория испытывала орогенические поднятия. Очевидно, одновременно с расчленением рельефа происходили интенсивные процессы денудации.

Уральский регион в конце палеозоя закончил геосинклинальный режим и перешёл в платформенную стадию. В течение мезозоя-кайнозоя на Урале развиваются преимущественно процессы денудации и происходит образование платформенного чехла.

В мезозое-кайнозое Урала могут быть выделены шесть тектонических этапов (по А.П. Сигову, 1969):

- первый этап - образование глубинных разломов и излияние лав (триас);
- второй этап - развитие тектонических впадин авлакогенного типа, с заполнением их мощными толщами осадков с прослоями углей (триас - средняя юра);
- третий этап - относительная стабильность Урала и медленные прогибания Зауралья, сопровождающиеся морской трансгрессией (средняя юра - нижний олигоцен);
- четвертый этап - медленное поднятие региона с регрессией моря (средний, верхний олигоцен);
- пятый этап - относительный тектонический покой региона (миоцен);
- шестой этап - прерывистые подвижки положительного знака (плиоцен - четвертичный период).

В течение мезозоя и кайнозоя происходили существенные изменения климатических условий. Климатический фактор при рельефообразовании и седиментации выходит на первый план в эпохи тектонического покоя, что отмечалось в течение третьего и пятого этапов, когда на Урале происходило образование мезозойского и палеогенового пенепплена и миоценового педипплена. В связи с чем правильнее называть этапы тектоно-климатическими.

В течение первого тектоно-климатического этапа была широко проявлена вулканическая деятельность, образующая вулканогенно-осадочные отложения.

На смену вулканогенно-осадочным породам в разных местах региона появилась новая - угленосная осадочная толща (второй этап).

В течение третьего тектоно-магматического этапа значительная часть региона представляла собой сушу с тёплым и влажным климатом. Вначале суша занимала почти всю рассматриваемую территорию. При развитии морской трансгрессии с востока площадь суши значительно уменьшилась. Вследствие относительной тектонической стабильности Урала в поздней юре, мелу и до позднего палеогена в условиях тёплого гумидного климата образовалась толща пород мезозойской коры выветривания.

Омоложение рельефа, вызванное тектоникой, явилось причиной усиления денудационных процессов. В верхнеюрское-нижнемеловое время процессы пенеппенизации в условиях тропического и субтропического климата привели к корообразованию.

В готерив-баррем-апте прошли небольшие по амплитуде колебательные движения в литосфере, в результате которых появились локальные поднятия, вызвавшие усиление эрозионной деятельности и связанное с ним расчленение поверхности.

На площадях развития известняков, особенно в приконтактных частях с терригенными отложениями и по тектоническим швам, интенсивно проявились процессы карстообразования, приведшие к образованию замкнутых впадин различной величины, которые при дальнейшем развитии карста увеличивались и, сливаясь, образовывали вытянутые в субмеридиональном направлении депрессии, заполняемые в последующем обломочным и глинистым материалом. В результате перемешивания глинистого и обломочного материала образовались своеобразные песчано-глинистые щебенистые породы, иногда с галькой и мелким валунником, характеризующиеся плохой степенью отсортированности, получившие название "беликов".

К концу апта по мере постепенного ослабления тектонических движений в фундаменте карстовые процессы утратили свою активность.

В течение четвертого этапа в среднем олигоцене произошло общее эпейрогеническое поднятие региона, море отступило. Новый кратковременный эрозионный цикл приводит к образованию недоразвитого пенеплена - олигоценовой поверхности выравнивания, на которой развивается маломощная кора химического выветривания.

Климат палеогена изменяется от жаркого в начале до умеренно теплого в конце периода. Климатические условия были благоприятны для развития химического выветривания, однако тектоническая обстановка далеко не всегда благоприятствовала этому. Вторая половина мелового и значительная часть палеогенового периодов - это время консервации кор выветривания в связи с общим погружением района (Гинзбург, 1947).

По отступанию моря с середины олигодена в связи с общими поднятиями региона возобновилось каолиновое выветривание. Новая кора выветривания могла образоваться не только на породах палеозоя, но и на мезозойских и палеогеновых отложениях, однако она маломощна (Сигов, 1969).

Умеренность климата и кратковременность эпохи выветривания (около 8 млн лет) не способствовали глубокой химической проработке материала и проникновению коры выветривания на сколько-нибудь значительную глубину. Кора выветривания этой эпохи имеет преимущественно каолиново-слюдистый, а не каолиновый состав, а мощность коры ограничивается несколькими метрами.

Пятый миоценовый этап относительной тектонической стабильности Урала является в то же время весьма своеобразным климатическим этапом - в целом при засушливом климате имели место сезоны проливных дождей. Это обусловило интенсивный плоскостной смыв рыхлых отложений и элювия с возвышенностей, при котором обнажались относительно свежие палеозойские породы. Как следствие этого образовывался характерный уральский мелкосопочник и островные горы. Смываемый пролювиальный материал отлагался во впадинах, образуя так называемые "озёра наносов".

Начавшееся в шестом этапе усиление эпейрогенеза приводит к расчленению террасового комплекса рек. Для этого этапа характерно резкое усиление тектонических движений и общее сильное похолодание. С первым связано неоднократное эрозионное врезание рек, образование речных террас, части склоновых отложений. Похолодание способствовало понижению роли химического и резкому усилению физического (морозного) выветривания и связанных с ними явлений.

Новая речная сеть резко отличается от прежней и имеет близкую к широтной ориентировку главных речных артерий (реки Исеть, Пышма, Синара, Багаряк, Рефт и другие).

В раннем плейстоцене произошло значительное поднятие территории и частичная перестройка речной сети [4].

Таким образом, в пределах рассматриваемой территории можно выделить три этапа карстования. Первый этап (нижний-средний карбон) выделяется на основании данных о том, что среднекаменноугольные отложения залегают на древней закарстованной поверхности нижнекаменноугольных известняков. Области развития мезозойского карста наложались на палеозойский карст. Оживление карста в нижнемеловое время (2-й этап) происходило по контакту среднекаменноугольных и нижнекаменноугольных отложений и приводило к формированию пологих депрессий. Наличие карстующегося субстрата явилось благоприятным условием формирования отрицательных форм рельефа. Однако места заложения и ориентировка основных депрессий рельефа при однородном составе карстующихся пород определялись, главным образом, тектоническими особенностями территории.

Таким образом, по возрасту карст района датируется как мезозойский.

И, наконец, выделяется современный карст (неоген-четвертичный, 3-й этап). Современный карст распространен ограниченно. Проявляется он не повсеместно и с неодинаковой интенсивностью. Небольшие участки современного неоген-четвертичного карбонатного карста отмечены на водоразделах рек Пышмы, Кунары, а также на склонах речных долин, где карстующиеся породы непосредственно выходят на дневную поверхность или перекрыты маломощным чехлом четвертичных отложений.

Таким образом, в исследуемом районе (Сухоложско-Богдановичском) выделяются следующие формы древнего и современного карста:



1. Западины ("блюдца") глубиной 1-2 м, 0,4-0,6 м. Это округлые или вытянутой формы депрессии, размером 20-50 м, часто более. Чаще эти карстовые формы имеют суффозионно-карстовое происхождение.

2. Воронки округлой, овальной или неправильной, сложной формы углубления. Размеры воронок колеблются в широких пределах: диаметр от 5-10 до 20-30 м, глубина от 0,4-0,7 до 2-6 м, реже до 10-15 м. Карстовые формы хорошо дешифрируются на аэрофотоснимках. Воронки концентрируются вдоль дизъюнктивных трещин, зон повышенной трещиноватости, контактов известняков с терригенными породами. Нередко воронки сливаются друг с другом, образуя ложбинообразные понижения и котловины, вытянутые в субмеридиональном направлении, ориентированные согласно простиранию известняков. Часто воронки имеют поноры, что свидетельствует о том, что большинство воронок принадлежит к типу просасывания и выщелачивания;

3. Пещеры развиваются в известняках, обнажающихся по склонам речных долин. Известняки здесь образуют обрывы и останцы высотой 12-20-40 м. Пещеры, как правило, небольшие, в виде ниш.

Образование древнего карста происходило в основном в позднемезозойское время (верхняя юра – верхний мел), вплоть до верхнемеловой трансгрессии. В этот длительный континентальный перерыв карбонатные породы были выведены на дневную поверхность и подверглись интенсивному выветриванию и выщелачиванию. Древний карст расположен под рыхлыми отложениями четвертичного возраста, поэтому выражен только в рельефе кровли палеозойского фундамента. Он представлен воронками, выполненными в основном глинами, содержащими обломки и щебень известняка.

Анализ данных эксплуатации месторождений карбонатного сырья района (Кунарского, Сухоложского, группы Богдановичских (I, II, III), Кашинского) показывает, что поверхностная и глубинная закарстованность известняков распространена крайне неравномерно. Глубина проникновения карста в карбонатную толщу различная (максимальная до 300 м). Размер карстовых полостей от единиц до первых десятков метров, коэффициент глубинной закарстованности до глубины 40-90 м (от кровли известняков) может достигать 19-34 % и с глубиной затухает.

Современный карст развивается на относительно приподнятых участках и выражается в образовании карстово-обвальных, карстово-суффозионных и воронок смешанного типа, западин, логов. Большинство воронок имеют задернованные склоны, устойчивую чашеобразную форму. Но отмечаются и свежие воронки (возраст 3-5 лет), для которых характерны срывы дерна, крутые обрывистые стенки. Так, при карстологическом обследовании района в 2000 г. на ПК 2383-2385 право 80-100 м перегона Кунара – Глухово - Богданович были обнаружены четыре свежие карстовые воронки. В 1991 г., по свидетельству прораба ДОК С.Н. Чеберяка, юго-западнее жилого дома № 25 в квартале "А" г. Богдановича произошла значительная авария водонесущих коммуникаций. На данном участке отмечено 3 карстовые воронки размером 30x10 м, глубиной 0,7 м и овраг длиной 80 м, шириной 20-25 м, глубиной до 3 м [2]. Неоднократные деформации земляного полотна железной дороги фиксировались на 1914 км перегона Богданович - Пышминская, где 22 августа 2001 г. произошел провал под полотном нечетного пути диаметром 1,6 м, глубиной 2,7 м.

Современная активизация карстовых процессов на рассматриваемой территории обусловлена в основном техногенным фактором. Сброс промышленных стоков предприятий, эксплуатация трещинно-карстового водоносного горизонта, постоянные утечки из городских коммуникаций, отсутствие стока поверхностных вод приводят к образованию провалов, угрожающих нормальной эксплуатации инженерных сооружений.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антипин В.И. Отчет о детальной разведке Полдневского месторождения подземных вод для водоснабжения г. Богданович: Фонды УГУ. Свердловск, 1970.

2. Афанасиади Э.И., Дубейковский С.Г. Отчет о результатах карстологического обследования перегона ст. Кунара – ст. Богданович / УГГГА, кафедра ГИГ. НПЦ "Карст", Екатеринбургский филиал. Екатеринбург, 2000.

3. Геология СССР. Том XII. Пермская, Свердловская, Челябинская и Курганская области. Книга II. Тектоника / Ред. П.И. Аладинский. М.: Недра, 1969. С. 164.

4. Огородников В.Н., Слободчиков Е.А., Поленов Ю.А. В краю потухших вулканов: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1997. 228 С. 5-15.

5. Соболев М.Т., Устюжанинов В.Г. Геологическая карта Урала М 1:50000 // Фонды Уралгеолкома. Екатеринбург, 1972.

6. Фельдман А.Л. Мониторинг подземных вод на Полдневском карьере Троицко-Байновского месторождения огнеупорных глин // Фонды КИР по Свердловской области. Екатеринбург, 1997.

УДК 556.388

И.В. Абатурова, Б.В. Лихарев, И.А. Носкова, И.С. Сабуров

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТОЛЩ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД В РАЙОНЕ Г. САЛЕХАРДА

Интенсивное освоение северных районов, региональное изменение радиационно-теплового баланса в сторону положительного методически приводит к увеличению глубины протаивания толщ многолетнемерзлых пород и как следствие к развитию инженерно-геологических процессов и деформациям зданий и сооружений [2]. Данные проблемы прослеживаются практически во всех городах Севера. Весьма показательным в этом отношении является столица Ямало-Ненецкого автономного округа г. Салехард. В этой связи важным является вопрос прогноза изменения мощности и понижения кровли многолетнемерзлых пород (ММП).

Территория г. Салехарда расположена севернее Полярного круга. История геологического развития, климатические особенности определили современное состояние горных пород как многолетнемерзлых [1, 3].

В геологическом строении района принимают участие аллювиальные, озёрно-болотные, эоловые, делювиально-солифлюкционные, аллювиально-морские, ледово-морские отложения неоплейстоцена и голоцена, слагающие I, II, III и IV надпойменные террасы. В литологическом отношении это пески, супеси, суглинки, глины, торфа.

Изучаемая территория принадлежит к зоне сплошного и прерывистого распространения ММП. Прерывистость обусловлена наличием таликовых зон сквозного и несквозного характера, которые приурочены к руслам рек Оби, Полуя, Шайтанки, Васъегана. Несквозные талики встречаются под мелкими водными объектами, в полосах стока при значительной мощности снега, обильной растительности.

Одним из главных факторов, определяющих распределение многолетнемерзлых пород по площади, является ландшафт. В этой связи характер распределения ММП в пределах долин и водоразделов оказывается различным. На междуречном пространстве (р. Обь, Васъеган, Полуя) выделяются два типа участков, резко отличающихся по условиям теплообмена и особенностями распространения многолетнемерзлых пород: плоские заболоченные не дренированные поверхности; хорошо дренируемые поверхности.

Плоские заболоченные поверхности расположены в пределах II надпойменной террасы. Здесь многолетнемерзлые породы имеют широкое распространение и занимают 70-75 % площади. Участки приурочены к заторфованным безлесым территориям. В пределах залесенных участков, ложбин стока и днищ молодых хасыреев мощность многолетнемерзлых пород резко сокращается. На небольших по размеру ложбинах стока, разделяющих массивы заболоченных земель, поверхность многолетнемерзлых пород опущена до глубины 2-5 м.

Хорошо дренируемые поверхности расположены в пределах III, IV надпойменных террас с абсолютными отметками поверхности 80-90 м. Для данных участков характерен оптимальный режим теплообмена, но малая мощность снежного покрова, песчаный состав пород привели к глубокому промерзанию пород. И как результат – для водораздельных пространств характерно однослойное строение толщи многолетнемерзлых пород по вертикали. Мощность такой толщи составляет 80-200 м. Кровля совпадает с дневной поверхностью. Однако на отдельных участках мерзлота имеет слоистое строение. Первый слой залегает с поверхности, либо его кровля опускается до глубин 2-5 м и мощность его составляет от 10 до 30 м. Иногда многолетнемерзлые породы первого слоя отсутствуют и фиксируется только второй слой. Второй слой характеризуется глубиной залегания кровли 40-50 м и мощностью 20-80 м. Третий слой залегает на глубинах более 80 м, и вскрытая мощность его составляет 25-30 м. Установлено, что мерзлота однослойного строения приурочена к тундровым, безлесым участкам. Двух-, редко трехслойное строение характерно для залесенных