

Н. Г. МАКСИМОВИЧ,
Естественнаучный институт
Пермского
государственного университета,
г. Пермь, Россия

М. С. ПЕРВОВА,
Естественнаучный институт
Пермского
государственного университета,
г. Пермь, Россия

О НЕОБХОДИМОСТИ УЧЕТА РАЗВИТИЯ МЕЛОВОГО КАРСТА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ КРУПНЫХ ОБЪЕКТОВ В БЕЛАРУСИ

ON NECESSITY OF TAKING INTO ACCOUNT THE DEVELOPMENT OF CHALK KARSTS WHEN CONSTRUCTING LARGE-SIZED PROJECTS IN BELARUS

В статье рассматриваются характерные особенности мела и его отложений в Беларуси, дается оценка меловым карстовым проявлениям в рельефах республики. Обоснована необходимость систематического изучения древнего и современного мелового карста для предотвращения негативных последствий при строительстве крупных объектов Беларуси.

The characteristic features of chalk and its deposits in Belarus have been considered in the article. The estimation of the development of chalk karsts in Belarus has been given. The necessity of systematic analysis of ancient and today's chalk karsts has been substantiated for preventing negative aftereffects when constructing large-sized projects in Belarus.

ВВЕДЕНИЕ

На территории Беларуси карст мела систематически не изучался, публикации о нем относятся в основном к 50-70 годам прошлого века. В связи с ростом в республике промышленного производства и с планированием строительства крупных объектов, в том числе атомной электростанции, возникает необходимость оценки карстоопасности в районе распространения мела.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЛА

Мел почти полностью состоит из CaCO_3 (до 98 %) и содержит незначительную примесь глинистых минералов, кварца, магниезиального карбоната. В сухом состоянии мел представляет плотную породу, обладающую значительной прочностью; в водонасыщенном — приобретает мягкую консистенцию и растрескивается руками до отдельных мельчайших частиц. По гранулометрическому составу мел — монодисперсная порода: на 80 %-85 % сложен частицами пылеватой фракции (0,050-0,005 мм), глинистые частицы практически отсутствуют, в песчаной фракции преобладают частицы размерами 0,100-0,005 мм.

Мел характеризуется очень высокой пористостью — от 30 %-32 % до 50 %-55 %. В зависимости от пористости механическая прочность мела также колеблется в широких пределах: у воздушно-сухих образцов пористостью более 45 % она не превышает 34 МПа [1]. В настоящее время хорошо изучена генетическая природа прочности и деформируемости мелоподобных образований, определяющаяся особенностями их состава и микротекстуры [2].

Текстура белого писчего мела различна. Существуют ихнитовая (результат деятельности иллюдных червей), жильчатая, ихнитовожильчатая, брекчеевидная и тонкослоистая текстуры. Объемный вес сухих образцов составляет от 1,2 до 1,9 г/см³.

Водопроницаемость мела по порам ничтожна. Фильтрационная способность его крайне мала и при отсутствии трещин мел представляет водоупор. При наличии трещин мел становится водоносным и водопроницаемым. Движение агрессивной воды по трещинам сопровождается химической и механической суффозией. В известняках и доломитах растворение и механическое разрушение имеет примерно одинаковую интенсивность. В меле же механическое разрушение поверхности в 4-6 раз интенсивнее, чем растворение. Скорость механической и химической суффозии изменяется в зависимости от ряда факторов и, в частности, от скорости движения воды, ширины трещин и др. По некоторым данным скорость растворения мела водой с карбонатной емкостью 1 мг/л составила от 350 до 750 мг CaCO_3 с 1 м² омываемой поверхности в сутки, а скорость механического разрушения (глубина сработки поверхности) от 0,4 до 1,0 мм в год [3].

Характерными особенностями мела, отличающими его от других карбонатных пород, являются его относительно "рыхлое" сложение и слабая цементация составляющих частиц. Такие важные инженерно-геологические характеристики пород, как сопротивление сдвигу, сжимаемость под нагрузкой, водопроницаемость, тиксотропные и реологические свойства, чаще всего связаны со степенью глинистости отложений и характером контактов между слагающими их элементарными частицами органогенного, химического и терригенного

происхождения. Так, глинистые мелы и мелоподобные мергели обладают заметными реологическими свойствами и в силу этого — способностью к самозалечиванию трещин [2].

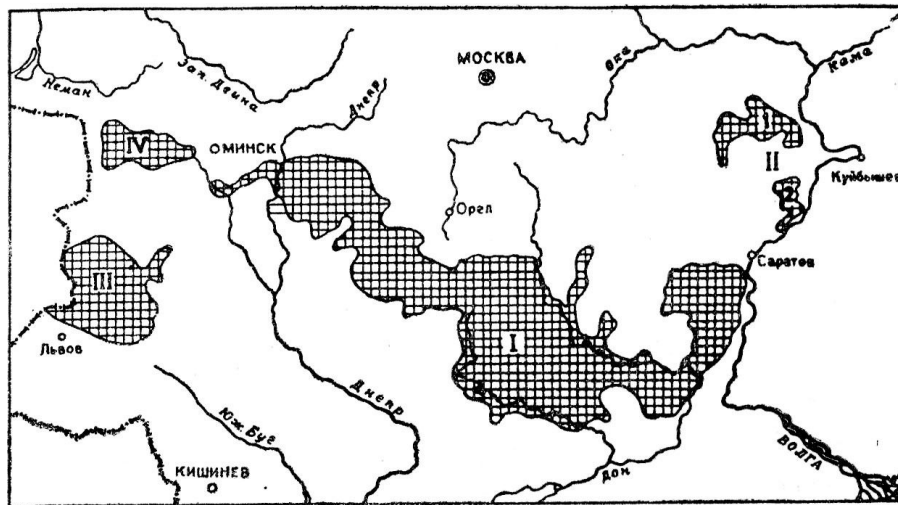
ОСОБЕННОСТИ ОТЛОЖЕНИЙ МЕЛА В БЕЛАРУСИ

Мело-мергельные отложения на территории Беларуси представляют собой морские осадки обширного верхнемелового водоема, распространявшегося на запад и север от Днепровско-Донецкой впадины (Белорусская и Воронежская антиклизы), а также на восток — Поволжье, Южное Предуралье; на юге этот водоем сообщался с древним Крымско-Кавказским морем (рис. 1). Карстующиеся породы мело-мергельной группы относятся к туронскому, коньякскому, сантонскому, кампанскому и маастрихтскому ярусам [4].

На территории Беларуси в отложениях верхнего мела отчетливо выделяются два напорных водоносных горизонта; из них нижний приурочен к породам сеноманского яруса, а верхний заключен в трещинах и пустотах мергельно-меловой толщ верхнего мела. Оба горизонта широко развиты в южной части Беларуси. Северную границу их распространения можно провести по линии, проходящей несколько южнее Молодечно, севернее Минска, западнее Смоленичей, Пухович и Осиповичей, севернее Слуцка и Глусска, западнее Бобруйска и деревни Свислочи, восточнее городского поселка Березино, севернее Бельничей и далее на восток между Могилевом и Шкловом, несколько севернее Мстиславля [5].

Водоносность мергельно-меловой толщ различна. Она зависит от степени трещиноватости и закарстованности пород. Циркуляция воды в этой толщ происходит по трещинам и карстовым пустотам мергельно-меловых пород, в связи с чем, этот горизонт может быть отнесен к типу карстово-трещинных вод. Мощность водоносных пород колеблется в значительных пределах. Подземные воды мергельно-меловой толщ имеют значительный напор. В долинах Пины, Ясельды, Припяти и других рек скважины, вскрывшие этот горизонт, дают самоизлив на высоте 1,5-2,0 м выше поверхности земли. Области питания водоносного горизонта мергельно-меловой толщ являются выходы меловых пород на земную поверхность в бассейне Сожа, охватывающего восточные районы Беларуси, и в бассейнах Горыни, Стыри, Стоходы и Турьи. Питание этого горизонта происходит также за счет перелива воды из вышележащих горизонтов дочетвертичных и четвертичных отложений, в местах их соприкосновения.

В Беларуси водоносный горизонт мергельно-меловой толщ эксплуатируется многими скважинами. В пределах Гомельской и Могилевской областей производительность скважин достигает 30-45 м³/ч при понижении пьезометрического уровня на 2-3 м. Наибольшим водообилием отличаются скважины, расположенные вблизи речных долин Днепра, Сожа и Бесяди. Высокая водообильность водоносного горизонта мергельно-меловой толщ в прибрежных полосах объясняется наибольшей трещиноватостью и более интенсивной закарстованностью мергельно-меловых пород, по срав-



Карстовые области: I — Воронежской антиклизы; II — Ульяновско-Сарановская; III — Вольно-Подольская; IV — Белорусской антиклизы
Районы: 1 — Башкирский; 2 — Сызранско-Терешкинский [3]

Рис. 1. Схема распространения мела на территории европейской части бывшего СССР

нению с водораздельными пространствами. Воды мергельно-меловой толщи относятся к типу гидрокарбонат - но-кальциевых воде общей минерализацией, не превышающей 0,3 г/л [5].

ХАРАКТЕРНЫЕ КАРСТОВЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ

Карстовые явления в Беларуси приурочены к карбонатным породам девонского и мелового возраста — мелу, известнякам и доломитам. Карстующиеся породы перекрыты толщей четвертичных отложений. Наиболее мощный их покров на севере и на повышенных участках рельефа — до 150-250 м; на равнинах мощность достигает 50-100 м, уменьшаясь в Полесье и на левобережье Днепра до 20-30 м и менее.

Несмотря на относительно мощный покров четвертичных отложений, карстующиеся породы в ряде мест выходят на поверхность в коренном залегании или в виде меловых отторженцев. На севере Беларуси закарстованная толща девона в ряде мест вскрывается долинами Западной Двины и Днепра или залегает неглубоко от поверхности. Меловые породы, часто трещиноватые, широко развиты в средней части Беларуси и выходят на поверхность в долинах рек, заключенных в четвертичных отложениях [6]. Ниже, у деревни Бахаревки, на левобережье реки Сож, на склоне к первой надпойменной террасе Д. Н. Тарасов (1933 г.) наблюдал "признаки карстовых впадин" [7]. Карстовые формы рельефа наблюдаются вблизи города Кричева у Сожа. Также широко развиты карстовые воронки на террасах реки Беседь. На Оршано-Могилевском плато встречаются воронки диаметром в несколько сот метров и глубиной более 10-15 м; вероятно, их следует относить к карстово-суффозионным [6, 8].

В пределах Беларуси наиболее яркие проявления палеокарста связаны с верхнемеловыми образования-

ми, сложенными преимущественно однородной толщей мергельно-меловых пород мощностью около 30-90 м (на западе и юго-востоке республики мощность пород достигает 170-260 м), и с зонами выщелачивания верхней солёной девонской толщи.

До недавнего времени о палеокарсте в этих образованиях ничего не было известно. Пробуренные в 1966-1969 г. скважины вскрыли здесь залежи угля палеоген-неогенового возраста, приуроченные к карстовым углублениям. Эти карстовые углубления имеют замкнутую форму, чаще изометричные очертания, стенки различной крутизны. Площадь их достигает нескольких квадратных километров; глубина — 10-30 м, реже — 60-90 м. Они встречаются в виде единичных форм, группируются в цепочки, либо размещаются беспорядочно. Заполнены карстовые углубления палеоген-неогеновыми угленосными отложениями, мощность которых на площади развития палеокарста резко возрастает (до 100 м и более) [4].

В работе [9] дано описание карстовых воронок в карьерах цементных заводов около Климовичей и Кричева. В районе Климовичей эти образования под местным названием "свечи" достигают глубины 20 м и более при ширине порядка 30-50 м (рис. 2). Согласно описанию, материал, заполняющий "свечу", представляет собой в нижней части крупнозернистый серый песок с примесью глинистого зеленоватого песка (Б), очень плотный. Выше он сменяется серым мелкозернистым песком (В) и далее — темно-серой буроватой глиной (Г) мощностью около 30 см. По краям воронки глины горизонта Г сливаются с элювиальными глинами на меле (Г₁). Глины Г₁ имеют зеленовато-буровую окраску, мощностью порядка 0,3-0,4 м, и залегают в небольших карманах (карстовых полостях). Между глинами и нижележащим мелом наблюдается небольшой переходный горизонт (около 10 см), который представляет собой выветрелый палеобурый мел. Горизонт Д является ритмичным чередованием песчаных и глинистых прослоев. Выше (горизонт Е) залегает толща (7-10 м) ожелезненных грубозернистых и гравийных флювиогляциальных песков и сильно опесчаненная морена.

НЕОБХОДИМОСТЬ УЧЕТА КАРСТОВЫХ ЯВЛЕНИЙ

При строительстве крупных промышленных объектов необходимо учитывать возможность развития карстовых процессов. Особое внимание следует уделять карсту мела, наименее изученному с инженерно-геологической точки зрения и чувствительному к внешнему воздействию.

Показательным является пример Ровенской АЭС (Украина), где при проектировании не были учтены возможности развития карста мела, которые отмечались при инженерно-геологических изысканиях, что привело к провалам и аварийной ситуации при строительстве станции. Этих проблем можно было избежать, учитывая возможность развития карста при выборе площадки и принятии проектных решений. Противокарстовые мероприятия существенно увеличили стоимость строительства объекта и отодвинули сроки сдачи его в эксплуатацию.

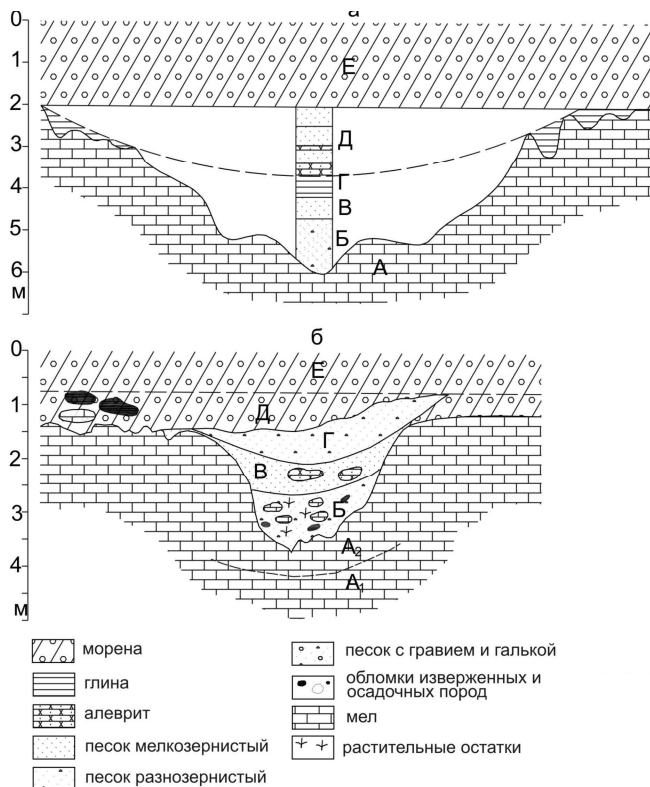


Рис. 2. Карстовые воронки и заполняющий их материал: а — в районе Кричева; б — в районе Климовичей

В районах распространения меловых пород в Беларуси следует учитывать возможность развития карстовых и суффозионно-карстовых явлений.

К неблагоприятным условиям, которые могут привести к появлению или активизации карста, следует отнести:

— наличие напоров в мергельно-меловой толще, что при неизбежном нарушении водоупора во время строительства приведет к усилению перетоков;

— наличие "гидрогеологических окон" в четвертичных отложениях, покрывающих меловые породы;

— наличие мощных древних эрозионных врезов, имеющих неоднородные фильтрационные характеристики, и местами прорезающих региональный водоупор (отложения юрских глин);

— большие коэффициенты фильтрации меловых и других карбонатных отложений, связанные в том числе с их закарстованностью;

— наличие палеокарста.

Эти и некоторые другие особенности районов развития мелового карста сформировали сложную гидродинамическую систему, которая даже при незначительных изменениях (водоотведение, водозабор, утечки из коммуникаций, нарушение водоупоров, увеличение нагрузки, нарушение поверхностного стока и т. д.) может создавать условия для развития или активизации карстовых и карстово-суффозионных явлений. Это может быть связано с увеличением до критических значений гид-

равлических градиентов подземных вод, при которых начинаются карстово-суффозионные явления, а также с изменениями химического состава и соответственно растворяющей способности воды. Следует также учитывать, что при замачивании резко меняются прочностные характеристики мела. Мел может разжижаться под действием вибрационных и особенно низкочастотных нагрузок. В природном меле известно также явление ползучести (длительных и медленно развивающихся во времени деформаций без изменения приложенных сил) [10]. Эти явления могут усилить негативное влияние карстовых процессов.

Опыт строительства в районах меловых пород [2, 10] показывает, что даже незначительные просчеты в этом вопросе могут в дальнейшем привести к крайне тяжелым последствиям, существенному удорожанию и увеличению сроков строительства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для предотвращения негативных последствий необходимо начать систематическое изучение древнего и современного карста мела Беларуси. В том числе должна быть разработана система карстомониторинга и дана оценка карстоопасности потенциальных участков строительства крупных промышленных объектов и, в первую очередь, атомных электростанций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геология СССР. Белорусская ССР, т. 2; под ред. П. А. Леоновича. — М.: Недра, 1971. — 453 с.
2. Парабучев, И. А. Проблемы инженерно-геологического изучения массивов слабо карстующихся карбонатных пород при создании крупных водохранилищ / И. А. Парабучев // Инженерная геология. — 2007. — С. 45-47.
3. Максимович, Г. А. Основы карстоведения / Г. А. Максимович. — Пермь, 1969. — 529 с.
4. Акиревич, Л. Ф. Закономерности локализации палеоген-неогенового карста Белоруссии / Л. Ф. Акиревич, Ю. И. Горький, Э. Й. Левков, З. М. Невшрицкая // Состояние и задачи карстово-спелеологических исследований: тез. докл. на Всесоюзном совещ. — М., 1975. — С. 59, 60.
5. Махнач, А. С. Краткий очерк геологии Белоруссии / А. С. Махнач, А. Я. Стефаненко, М. М. Цапенко, М. Ф. Козлов. — Минск, 1957.
6. Дрозд, В. В. О карстовых явлениях в Белоруссии / В. В. Дрозд // Известия всесоюзного географического общества. — 1964. — №96. — С. 54-56.
7. Погуляев, Д. И. Геология и полезные ископаемые Смоленской области / Д. И. Погуляев. — Смоленское книжное изд-во, 1955.
8. Галкин, А. Н. Научно-методические основы инженерно-геологического районирования территории Беларуси / А. Н. Галкин // Геоэкология. Инженерная геология. Геокриология. — 2007. — № 5. — С. 429-438.
9. Лукашев, В. К. Геохимические индикаторы процессов гипергенеза и осадкообразования / В. К. Лукашев. — Минск: Наука и техника, 1972. — 287 с.
10. Лыкошин, А. Г. Карст и строительство гидротехнических сооружений / А. Г. Лыкошин, Л. А. Молоков, И. А. Парабучев. — М.: Гидропроект, 1992. — 333 с.