

УДК 551.491.4

Р. С. МИНАСЯН, С. РАММАХ

ПРИЧИНЫ АКТИВИЗАЦИИ КАРБОНАТНОГО КАРСТА И ЕЕ  
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ  
(на примере комплексных исследований, выполненных на территории  
г. Рас Аль Айн, САР)

Практическое изучение закономерностей карстовых процессов на территории Сирийской Арабской Республики (САР) обусловлено прежде всего их сравнительно широким распространением. В работе рассмотрены результаты комплексных исследований, выполненных на территории г. Рас Аль Айн, в связи с активизацией здесь древнего карбонатного карста. Происходящие карстовые просадки и провалы представляют значительную опасность в особенности для гражданских, промышленных и гидротехнических сооружений. Составлена карта районирования карстоопасности города. Рекомендованы соответствующие противокарстовые мероприятия.

**Состояние проблемы и задачи комплексных исследований.** Известно, что во многих странах мира интенсивная эксплуатация подземных вод приводит к нежелательным экологическим последствиям. Доказано, что карстовые явления связаны с изменением напряжений в породах, которое проявляется в виде оседаний в местах обнажения песчано-глинистых отложений и провалов в условиях покрытого карста. Результаты комплексных исследований, выполненных на севере Сирии в бассейне р. Хабур в пределах г. Рас Аль Айн, показали, что в настоящее время после снижения уровня подземных вод (по сравнению с высоким уровнем до 1980 г.) произошли изменения напоров в водоносных горизонтах [1, 2]. Это привело к тому, что имеющиеся ранее *восходящие токи подземных вод* в системе грунтовых и напорных вод сменились *нисходящими*; в результате этого возникли реальные угрозы целостности залегающих над известняками пород и выноса продуктов разрушения в нижерасположенные карстовые полости.

Как показывает мировой опыт, эффективное решение задач в карстовых районах возможно лишь на основании применения и анализа материалов комплексных методов исследований [3]. В связи с этим нами выполнено:

- гидрометеорологические и гидрологические исследования, связанные с составлением водного баланса исследуемой территории;
- инженерно-геологические и гидрогеологические работы по выделению карстоопасных участков;

- определение основных направлений движения подземных вод и составление карты рельефа региональных водоупорных пород с применением геофизических методов;

- полевые геофизические работы с целью обнаружения поверхностных и подземных карстовых образований (до глубин 30–40 м);

- комплексные исследования для районирования изученной территории по степени карстоопасности и выдача практических рекомендаций по противокарстовым мероприятиям.

**Результаты выполненных исследований.** Карстовые деформации на участке г. Рас Аль Айн вызваны гравитационными и гидродинамическими перемещениями вышележащих пород в уже существующие полости, что весьма характерно для районов древнего карбонатного карста (рис. 1). Особого внимания для безопасности инженерных сооружений заслуживают



Рис. 1. Карстовый провал в пределах города Рас Аль Айн.

данные, связанные со снижением несущей способности грунтов за счет растворения карбонатного цемента в породах. Это особенно опасно на тех участках, где в геологическом разрезе встречаются мергелистые образования. Опыт показывает, что даже ничтожное (на доли миллиметра) растворение карбонатного цемента может привести к существенному снижению несущей способности мергелей [3]. Это обстоятельство следует

учитывать не только в случае, когда карстующиеся породы (мергели) располагаются в активной зоне основания сооружений, но и если они находятся за ее пределами.

В районе г. Рас Аль Айн карстующиеся породы в зависимости от положения относительно земной поверхности нами подразделены на два типа [4].

- *Открытый карст* – карстующиеся породы выходят на дневную поверхность или покрыты маломощным почвенным слоем – это в основном северо-западные и северо-восточные части города.

- *Покрытый карст* – над карстующимися породами залегают некарстующиеся образования – это в основном центральные и юго-западные части территории.

В зависимости от степени водопроницаемости грунтов покровной толщи и характерных типов инженерно-геологических разрезов выделены участки, где карстующиеся породы покрыты *водонепроницаемыми* грунтами (глины), *водопроницаемыми* грунтами (известняки, мергели) или и теми, и другими. В зависимости от характера рассматриваемых разрезов меняются тип и глубина карстовых проявлений.

**Районирование территории города по карстоопасности.** На основании результатов комплексных работ выполнено районирование исследованной территории и составлена соответствующая карта карстоопасности (рис. 2). Согласно этой карте город разделен на три основные зоны: незакарсто-

ванная или слабозакарстованная (III) – строительство рекомендуется; сильно закарстованная (II) – строительство не рекомендуется; промежуточная (I) – строительство нежелательно. На I и II участках строительство может быть осуществлено после выполнения специальных изыскательских работ и выбора соответствующих типов инженерных конструкций. Для уменьшения карстоопасности на территории г. Рас Аль Айн предлагаются следующие *практические рекомендации*.

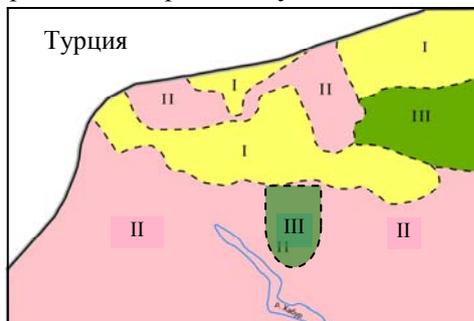


Рис. 2. Районирование территории г. Рас Аль Айн по карстоопасности.

- Прекращение (ослабление)

дальнейшей активизации *техногенного карста*, которое требует, в первую очередь, завершения работ по улучшению технического состояния водоканализационной сети города, связанных с недопустимыми утечками воды.

- Решение задачи *по управлению и регулированию* процессом ныне осуществляемого *водозабора* подземных вод для целей ирригации. В настоящее время общий объем водозабора из водосборного бассейна р. Хабур на территориях Турции и Сирии превышает возможный климатический (общий) сток, формирующийся на данной площади. Только в 2006–2007 гг. на участке г. Рас Аль Айна общее годовое снижение уровня подземных вод составило около 1,0 м.

- Выполнение специальных исследований и расчетов для решения задачи *по определению допустимых пределов водопонижения* на данной территории.

- При ликвидации (заполнении) существующих карстовых провалов, для усиления эксплуатируемых зданий и сооружений, а также при проектировании новых надо учесть, что многие карстовые воронки имеют относительно глубокие провальные полости, без ликвидации которых возможны новые провалообразования. Поэтому проектируемые контрольные скважины должны быть не менее 20–25 м, так как именно на этих глубинах находятся основные карстовые пустоты.

- При наличии или появлении новых трещин в зданиях и сооружениях необходимо выполнить высокоточные мониторинговые геодезические наблюдения.

**Заключение.** С учетом того, что практически невозможно учесть все ожидаемые типы инженерно-геологических разрезов, при которых возникают провалы в карстовых районах, нами эта задача решена на основе нового *расчетного способа*, позволяющего определить (прогнозировать) основные параметры ожидаемых провалов. Для практического (инженерного) использования полученных расчетных формул составлены специальные номограммы (графики).

В целом, при принятии окончательных решений в карстовых районах *надо всегда помнить*, что карстопроявление – это *вероятностный процесс*. Как показывает опыт многих стран, точность обнаружения карстовых пустот не превышает 70–75%, и поэтому строительство в карстоопасных районах *всегда сопровождается определенным риском*.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Очерки геологии Сирии. Труды ГИН РАН, вып. 526. Отв. ред. акад. Ю.Г. Леонов. М.: Наука, 2006.
2. **David I. Burdon and Chafic Safadi.** Hydrology, Amsterdam, 1963, v. 1.
3. **Соколов Д.С.** Основные условия развития карста. М.: Госгеолтехиздат, 1962.
4. **Толмачев В.В.** и др. Инженерно-строительное освоение закарстованных территорий. М.: Стройиздат, 1986.

Ռ. Ս. ՄԻՆԱՍՅԱՆ, Ս. ՌԱՄՄԱԿ

ԿԱՐՏՈՆԱՏԱՅԻՆ ԿԱՐՍՏԻ ԱԿՏԻՎԱՅՄԱՆ ՊԱՏՃԱՌՆԵՐԸ ԵՎ ԴՐԱ  
ԷԿՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ՀԵՏԵՎԱՆՔՆԵՐԸ  
(Ռաս Ալ Այն քաղաքի տարածքում (ՄԱՀ) իրականացված համալիր  
ուսումնասիրությունների օրինակով)

### Ա մ փ ո փ ու մ

Կարստը հայտնի է որպես վտանգավոր ինժեներատեխնիկական երևույթ՝ հատկապես քաղաքացիական, արդյունաբերական և հիդրոտեխնիկական կառույցների համար: Աշխատանքում քննարկված են ինժեներատեխնիկական, ջրատեխնիկական և երկրաֆիզիկական համալիր ուսումնասիրությունների արդյունքները, որոնք իրականացված են ՄԱՀ հյուսիսային մասում՝ Ռաս Ալ Այն քաղաքի տարածքում: Այստեղ վերջին տարիներին զգալի ակտիվացել են կարստային երևույթները, որոնք հիմնականում պայմանավորված են անթրոպոգեն գործունեությամբ: Կազմված է տարածքի կարստային վտանգի շրջանացման քարտեզը, համաձայն որի քաղաքը բաժանված է 3 տեղամասի: Տարածքի էկոլոգիական վիճակի բարելավման նպատակով առաջարկված են համապատասխան ինժեներական միջոցառումներ:

R. S. MINASYAN, S. RAMMAH

## NATURE OF CARBONATE KARST ACTIVATION AND ITS ECOLOGICAL CONSEQUENCES

(on example of the complex investigations in the territory of Ras Al Ayn City, SAR)

### Summary

Karst as a dangerous engineering-geological process is especially disastrous for civil, industrial and hydrotechnical constructions. The article is discussing the results of engineering-geological, hydrogeological and geophysical complex investigations that were carried out in the northern part of Syria: in the territory of Ras Al Ayn City. Karst processes have been activated last few years in this territory mainly because of human activities. A number of target maps are drawn for case study area including zoning map of the karst risk, according to that map the city territory is divided into 3 parcels. Necessary engineering measures are proposed for ecological remediation of the studied area.