

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА АРМИРОВАННЫЕ ФУНДАМЕНТЫ

Довгань И.В. , д.х.н., проф., Жудина В.И. , к.х.н., проф.,  
Маковецкая Е.А.

Государственная академия строительства и архитектуры, Одесса,  
Украина

Питание подземных вод осуществляется в основном из атмосферных осадков, вымывающих из почв, грунтов зоны аэрации и пород водонасыщенной зоны, накопленные там и постоянно пополняемые загрязняющие вещества. Первый от поверхности водоносный горизонт – грунтовые воды, в силу своей приближенности к источникам загрязнения и отсутствию изолирующих слоев – повсеместно загрязнен в наибольшей степени.

Основными источниками загрязнения грунтовых вод в городах являются: промплощадки и отстойники жидких отходов промпредприятий, утечки из канализационных сетей, очистные сооружения, свалки бытовых отходов; рассеянное загрязнение нефтепродуктами, органическими веществами и тяжелыми металлами на городской территории. В грунтовых водах Одесской области наиболее распространены следующие загрязнители: пестициды, азотсодержащие соединения, нефтепродукты и тяжелые металлы.

Устанавливается агрессивность грунтовых вод по отношению к конструкциям из бетона и железобетона и определяются меры по защите этих конструкций от коррозии в определенных условиях эксплуатации в соответствии с требованиями СНиПа [1].

Нами анализировалась агрессивность грунтовых вод одной из стройплощадок г. Одессы, образцы воды отобраны из трех скважин, находящихся на значительном удалении друг от друга (табл. 1).

Табл.1 *Общая характеристика воды скважин*

Показатель	Скважина № 1	Скважина № 2	Скважина № 3
Наименование	Хлоридно-натриевая	Гидрокарбонатно-натриевая	Гидрокарбонатно-натриевая
Формула	$M_{35} \frac{Cl_{37} SO_{24} NO_{20} HCO_{17}}{Na_{41} Mg_{37} Ca_{22}}$	$M_{21} \frac{HCO_{51} SO_{23} Cl_{20} NO_6}{Na_{61} Mg_{27} Ca_{12}}$	$M_{11} \frac{HCO_{69} Cl_{18} SO_{13}}{Na_{70} Mg_{20} Ca_{10}}$

Заключение по оценке агрессивности грунтовых вод строящегося жилого комплекса дано в соответствии с требованиями СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии». [1]. Среды, контактирующие с бетоном в пункте 1.2 СНиПа подразделяют на газообразные, твердые и жидкие. Мы оценивали агрессивность жидкой среды по табл. 5,6 и 7 СНиПа для неорганических жидких сред. Для менее плотных бетонов вероятность коррозии возрастает, поэтому мы оценивали агрессивность среды для наименьшей марки бетона по водопроницаемости W4. Вероятность коррозии уменьшается в условиях эксплуатации сооружений, расположенных в слабофильтрующих грунтах с  $K_f$  менее 0,1 м/сут (значение допустимых показателей необходимо умножать на 1,3). Мы сравнивали полученные результаты с показателями для сооружений, расположенных в грунтах с  $K_f > 0,1$  м/сут, в открытых водоемах и для напорных сооружений при марке бетона по водопроницаемости W4.

Результаты определения степени агрессивности приведены в табл. 2 для наиболее неблагоприятных условий эксплуатации конструкций заглубленных в грунт.

В табл. 2 приведены показатели для слабоагрессивной среды. Следует учитывать при оценке агрессивности, что:

- чем меньше содержание хлоридов, сульфатов, нитратов натрия, магния, аммония, тем меньше степень агрессивности, а с увеличением ионной силы раствора агрессивность среды возрастает;

- чем больше значение рН, тем меньше степень агрессивности среды, в данном случае вода скважины щелочная.

Вопрос установления показателя агрессивной углекислоты не простой. Он обсуждается многими авторами [2,3,4]. Предложен ряд формул для расчета агрессивной углекислоты по результатам химического анализа, но все они имеют ограничения в применении. Наличие агрессивной углекислоты зависит не столько от концентрации  $H_2CO_3$ ,  $HCO_3^-$  и  $CO_3^{2-}$  в растворе, сколько от их соотношения, от температуры раствора и его рН. Наилучший результат, по нашему мнению, дает экспериментальное определение агрессивной углекислоты [4]. Для воды скважины № 3 нами установлено, что исходная щелочность воды 283,8 мг/л, щелочность после контакта воды с  $CaCO_3$  - 255,2 мг/л. Так как соотношение их больше 1, то вода склонна к отложению солей, не содержит агрессивной углекислоты.

Для воды скважин № 1 и № 2 экспериментально наличие агрессивной углекислоты не устанавливали. По результатам химического анализа мы определили показатель «агрессивная

углекислота» двумя расчетными методами [2,4]. Установили, что вода относится к неагрессивной, склонна к отложению солей. Следует учесть, что методики рассчитаны для воды с меньшей ионной силой раствора  $\mu$ , чем в воде из скважины № 1 ( $\mu=0,75$ ), поэтому применили экстраполяцию при установлении коэффициентов.

Степень агрессивности среды содержащей сульфаты по отношению к бетону определяли по табл. 6 СНиПа. При содержании ионов  $\text{HCO}_3^-$  свыше 6,0 мг-экв/л для портландцемента по ГОСТ 10178-76 на бетон марки по водопроницаемости W 4 при содержании сульфатов от 1000 до 1200 среда относится к слабо агрессивной, для бетонов более высокой марки по водопроницаемости и более стойких к сульфатной коррозии (портландцемент по ГОСТ 10178-76 с ограниченным содержанием  $\text{C}_3\text{S}$ ,  $\text{C}_3\text{A}$  ... или сульфатостойкий по ГОСТ 22266-76) допускается большое содержание сульфатов. В исследованных образцах воды содержание сульфатов 615, 323 и 120 мг/л, т.е. вода неагрессивная.

Влияние содержания хлоридов на степень агрессивности по отношению к арматуре железобетонных конструкций при постоянном погружении и при периодическом смачивании оценивали с учетом содержания сульфатов в соответствии с требованиями СНиПа (табл. 3).

Табл. 3 Оценка агрессивности грунтовых вод на арматуру свай

№ п/п	Показатель	Скважина № 1	Скважина № 2	Скважина № 3
1	$\text{Cl}^-$ , мг/л	710	206	119
2	$\text{SO}_4^{2-}$ , мг/л	615	323	120
3	Сумма $\text{Cl}^- + 0,25\text{SO}_4^{2-}$ , мг/л	864	287	149
4	Степень агрессивности: - при постоянном погружении; - при периодическом смачивании	Неагрессивная Среднеагрессивная	Неагрессивная Слабоагрессивная	Неагрессивная Слабоагрессивная

Табл. 2 Результаты определения степени агрессивности жидкой фазы бетонной смеси марки W4

Показатель для слабоагрессивной среды	Значение	Образцы грунтовой воды					
		Скважина № 1		Скважина № 2		Скважина № 3	
Наименование		Результат анализа	Степень агрессивности	Результат анализа	Степень агрессивности	Результат анализа	Степень агрессивности
Бикарбонатная щелочность, мг-экв/л	Свыше 0 до 1,05	8,9	неагрессивна	14,6	неагрессивна	12,9	неагрессивна
pH	Свыше 5,0 до 6,5	8,3	неагрессивна	8,1	неагрессивна	7,98	неагрессивна
* Агрессивной углекислоты, мг/л	Свыше 10 до 40	>10	неагрессивна	>10	неагрессивна	>10	неагрессивна
Mg <sup>2+</sup> , мг/л	Свыше 1000 до 2000	239	неагрессивна	95	неагрессивна	46	неагрессивна
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/л	Свыше 100 до 500	0,05	неагрессивна	0,05	неагрессивна	0,05	неагрессивна
Na <sup>+</sup> и K <sup>+</sup> , мг/л	Свыше 50000 до 60000	501	неагрессивна	405	неагрессивна	304	неагрессивна
Суммарное Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> и др. солей, мг/л	Свыше 10000 до 20000	2556	неагрессивна	1524	неагрессивна	1050	неагрессивна

\* Об установлении показателя агрессивная углекислота см. текст.

Наш опыт оценки агрессивности грунтовых вод различных стройплощадок [5] показывает, что наибольшую агрессивность проявляют воды содержащие хлориды и сульфаты по отношению к арматуре железобетонных свай. Это связано с проникновением растворимых в воде хлоридов и сульфатов через поры бетона. Присутствие солей, во-первых, снижает омическое сопротивление среды, поэтому усиливает электрохимическую коррозию железа. Во-вторых, соли сильных кислот уменьшают рН среды, что тоже способствует активному прохождению коррозии. И, наконец, хлориды и сульфаты разрушают образующиеся в железобетоне пассивирующие пленки на арматуре. Поэтому среды, содержащие значительное количество хлоридов и сульфатов, являются агрессивными по отношению к арматуре. Сульфат ионы имеют больший размер, чем хлорид-ион, поэтому обладают меньшей проникающей способностью. К тому же многие сульфаты, в том числе сульфат кальция, нерастворимы, поэтому продвижение в теле бетона затруднено. Эти факторы объясняют, почему количество сульфатов при оценке агрессивности грунтовых вод по отношению к арматуре железобетона учитывают с понижающим коэффициентом 0,25.

По результатам оценки влияния состава подземных вод на железобетонные сваи можно сделать следующие выводы:

- Тип воды всех трех скважин относится к группе солоноватые. По содержанию солей вода неагрессивна для бетона марки W 4 по водопроницаемости с коэффициентом фильтрации воды более 1 м/сутки. Тем более она неагрессивна для более плотных бетонов и для жидкой неорганической среды (грунтовые воды) с меньшим коэффициентом фильтрации.

- По содержанию сульфатов грунтовая вода относится к неагрессивным по отношению к бетону из портландцемента по ГОСТ 10178-76, тем более вода неагрессивна к бетону из цемента более стойкого к сульфатной коррозии.

- Степень агрессивности воздействия грунтовых вод на арматуру железобетона свай при их постоянном погружении в среду относится к неагрессивной.

- Степень агрессивности воздействия грунтовых вод на арматуру при периодическом смачивании (зона переменного горизонта жидкой среды и капиллярного подсоса) является слабоагрессивной для воды отобранной из скважины № 2 и скважины № 3 и среднеагрессивной для воды отобранной из скважины № 1.

- По результатам выполненного анализа степень агрессивности подземных вод допускает железобетонные конструкции, которые

постоянно расположены ниже уровня подземных вод, изготовить на основе портландцемента (по ГОСТ 10178-76) марки W 4 по водопроницаемости, конструкции расположенные в зоне периодического смачивания на участке распространения среднеагрессивных вод (скважина №1) необходимо обеспечить первичной защитой.

• Действующий СНиП [1] позволяет оценить агрессивность грунтовых вод по отношению к бетону и железобетону при различном составе минеральных примесей в воде и различном их количестве, но не учитывает значительное загрязнение грунтовых вод на территории городов органическими веществами (нефтепродукты, масла, ПАВ, СПАВ...). Органические загрязнители грунтовых вод могут вступать в химическую реакцию с соединениями цементного камня, могут влиять на состояние бетона и железобетона за счет физико-химических взаимодействий (например, адсорбция на поверхности и в порах камня), могут изменять силу воздействия минеральных составляющих грунтовых вод. Необходимо внести изменения в нормативы, чтобы учесть изменяющуюся экологическую обстановку, в том числе загрязнение грунтовых вод органическими соединениями.

#### SUMMARY

Ground waters influence quality and durability of the reinforced bases. Ground waters of city territories include not only mineral substances of a natural and anthropogenous origin, quantity of which take into account according to GOST, but also organic polluters. Organic polluters also should be taken into account by specifications.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии. М. 1986. 46с.
2. СНиП 2.04.02-84 Водоснабжение. сети и сооружения. М. 1985. 134с.
3. В.М. Москвич и др. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты.
4. И.И. Курбатова. Современные методы химического анализа строительных материалов, - М: Стройиздат.-1972.-160с.
5. И.В. Довгань, В.И. Жудина, В.М. Митинский. Оценка состояния забивных свай, являющихся элементами армированных оснований со слабыми грунтами. Научно-технічний збірник "Армування основ при будівництві та реконструкції будівель і споруд". 17-20 квітня 2007 р., Вінниця, вип. 66 с 212-219.