

процессе диагенетических и эпигенетических преобразований. Такие реликты и псевдоморфозы были выявлены в кремнистых породах и фосфоритах.

Биостратиграфическое использование нанофоссилий началось в 60-х гг. XX столетия. Первая глобальная зональная стратиграфическая шкала с использованием нанофоссилий, получившая название стандартной, базировалась в основном на разрезах, изученных на континентах и островах. К 1973 г. был накоплен значительный материал по глубоководному бурению, что позволило Д. Бакри разработать несколько отличную от предыдущей шкалу зонирования по известковым

нанофоссилиям, основанную на изучении кернов низкоширотных областей Мирового океана. Зоны выделяются как интервалы между появлениями (или исчезновениями) различных видов индексов, гораздо реже границы зон выделяются по началу или концу расцвета какого-либо вида. По степени разрешения шкалы Е. Мартини и Д. Бакри уже в первоначальном виде могли конкурировать со шкалами по планктонным фораминиферам. Дальнейшая модернизация позволила Д. Бакри в составе зон в низкоширотных районах выделить подзоны, еще более повысив разрешение зонирования.

Поступила в редколлегию 17.11.97

УДК 550.8.053:519.2

Б.Г. ЧЕРВОНЫЙ

О ВОЗМОЖНОСТИ ОБЪЕКТИВНОГО ВЫДЕЛЕНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗНОВИДНОСТЕЙ ПЕСКОВ ПРОГРАММОЙ CRAB

Программа CRAB предназначена для разбиения множества наблюдений на заранее заданное число классов [1]. Она входит в Пакет научных подпрограмм для ЕС ЭВМ Института математики АН Белоруссии (ПНП БИМ). В этой программе реализована попытка смоделировать действия человека при разграничении множества точек на плоскости [3; 6]. После специальных исследований было выяснено следующее:

1. Одни случаи классификации эксперты называли «легкими», другие — «трудными».

2. Результаты разных экспертов в простых случаях одинаковы, а в сложных — не всегда одинаковы.

3. Эксперты руководствуются некоторыми не вполне определенными критериями «близости» точек внутри таксона (класса) и «удаленности» таксонов друг от друга.

4. Кроме этих критериев, эксперты учитывают локальный характер распреде-

ления точек или «одинаковость распределения» точек внутри таксона.

5. При прочих равных условиях эксперты предпочитают вариант классификации с одинаковым числом точек в каждом таксоне [2; 3].

Выводы, изложенные в пп. 3 — 5, были формализованы и соединены в показателе качества таксономии [2; 3]. Выяснилось, что таксономические параметры удобно определять (и оценивать) с помощью кратчайшего незамкнутого пути, соединяющего все точки множества в связанный неориентированный граф без петель с минимальной суммарной длиной ребер [2]. Построение кратчайшего незамкнутого пути базируется на двух принципах:

1. Всякий изолированный полюс соединяется с ближайшим смежным.

2. Всякий изолированный фрагмент соединяется с ближайшим смежным кратчайшим звеном.

Изолированный полюс — это точка, которая на данном этапе построения еще не связана с другими полюсами (точка-

ми). Фрагментом считается подмножество полюсов, связанное прямыми звеньями, каждое из которых соединяет полюсы этого подмножества. Фрагмент изолированный, если он на данном этапе построения не связан с другими полюсами или фрагментами [7].

Программа CRAB может работать в двух вариантах. При первом варианте пользователь задает минимально допустимую длину отрезка, рассматриваемого в качестве граничного, а при втором — число «претендентов» на граничные отрезки. Алгоритмы отыскания обоих параметров не приведены. При любых вариантах работы необходимо предварительно задать требуемое число таксонов (классов) [1]. В рассматриваемом случае число «претендентов» на граничные отрезки задавалось равным нулю, но зато задавалась (вычислялась) минимально допустимая длина граничного отрезка.

Программа CRAB использует в качестве исходных данных не непосредственные результаты измерений, а сведения о ребрах графа, предварительно построенного одной из трех программ: SCN, SCNC или SCNS [1]. Все перечисленные программы входят в тот же Пакет научных подпрограмм Института математики АН Белоруссии. Последняя программа использует результаты другой классификации, что позволяет несколько уменьшить время счета. Здесь она не рассматривается.

Необходимо заметить, что при вызове подпрограммы CRAB, предусмотренном в первом ее издании [1, с. 147], получается аварийная остановка в ходе вычислений. Надо использовать укороченный текст вызова подпрограммы, изложенный в [5, с. 198].

Возможности программы исследованы на разрезе, построенном нами по результатам поисков формовочных песков в 1963 г. геологом Харьковской геологоразведочной экспедиции П.Т. Мелиховой в зоне сочленения Днепровско-Донецкой впадины и Донецкого складчатого сооружения.

Исходными данными для вычислений явились результаты 42 и 112 13-фракционных гранулометрических анализов секционных проб формовочных песков. Свойства самой программы изучались на

уменьшенном массиве, а возможность решения геологических задач определялась на полном массиве для эталонного разреза. Вычисления выполнены на ЭВМ ЕС-1066 в Харьковском университете. Исследовалось влияние на результаты счета порядка ввода строк и столбцов матрицы исходных данных и значений входных параметров основной и подготавливающих программ, задаваемых по усмотрению пользователя. Согласно рекомендации [4, с. 14 — 15] таблица результатов анализов была преобразована в строку подпрограммой ARRAY [4, с. 35].

Для получения выводов по 42 пробам рассматривалось число объектов (проб), попавших в каждый из пяти заданных классов.

Было выяснено, что при подготовке данных программой SCN результаты классификации (число проб в классах) зависят от кода нормализации в программе SCN и минимально допустимой длины граничного отрезка в программе CRAB, а при использовании программы SCNC — только от минимально допустимой длины граничного отрезка в программе CRAB. Разбивка на классы разная при подготовке данных программами SCN и SCNC. Поскольку программа SCNC не требует задания никаких произвольно задаваемых входных параметров, влияющих на результаты классификации, она предпочтительнее (как программа, подготавливающая данные для программы CRAB), чем программа SCN, для однозначной разбивки на классы.

Результаты классификации не зависят от порядка ввода строк и столбцов матрицы исходных данных, т.е. не зависят от порядка ввода проб и гранулометрических фракций.

Сначала выясним возможности исследуемой программы при ее обычном применении. При задании выделения двух классов, разделились средне- и крупнозернистые пески (класс 1) и тонко- и мелкозернистые пески (класс 2) с выделением пачек пластов. При задании большего числа классов картина усложнилась и вызывает некоторые сомнения. При этом иногда смещается граница между классами в скважинах, что свидетельствует о необязательности соблюдения ие-

рархии вновь выделяемых классов и возможности дрейфа границ. А поскольку невозможно заранее определить число реальных классов, такое применение программы CRAB носит гадательный характер.

Чтобы добиться однозначности в проведении границ между классами и строгой их иерархии, а также автоматического определения числа классов программой CRAB (программой разбиения на заранее заданное число классов), нужно использовать эту программу в режиме последовательного предельного дробления исходного класса на два новых до прекращения дробления.

При предельном последовательном дроблении исходного массива на два класса за один этап комбинацией программ SCNC и CRAB остается единственный входной параметр, влияющий на результаты классификации и задаваемый произвольно. Это — минимально допустимая длина граничного отрезка, которую можно вычислять. Чтобы избавиться от субъективизма в классификации, данный входной параметр должен вычисляться по одному алгоритму и иметь практический смысл. Экспериментально было проверено три варианта задания минимально допустимой длины граничного отрезка.

При первом варианте минимально допустимая длина граничного отрезка (параметр «дельта») находилась как тройное стандартное отклонение, вычисляемое по размаху длин отрезков [8]. Дробление прекращалось, если максимальная длина отрезка (соединяющего точки наблюдений в многомерном пространстве) оказывалась меньше параметра «дельта». В таком варианте дробления в 112 наблюдениях (пробах) выделилось 49 классов, а на разрезе почти не было видно пластов. Поэтому вариант оказался неприемлемым.

При втором и третьем вариантах дробление на классы прекращалось тогда, когда максимальная длина отрезка с вероятностью 0,99 не являлась грубой ошибкой. Максимальная длина могла находиться любым из способов ее определения, описанных Румшиским Л.З. [10] и Алесковским В.В. с соавторами [11].

При втором варианте «дельта» равнялась 0,99 от максимальной длины отрезка, а в третьем — средней длине. Выделилось 25 классов. При третьем варианте выделилось 22 класса. На разрезе получилось недостаточное дробление.

До сих пор описывались результаты классификации по обычным гранулометрическим фракциям формовочных песков. При проведении последовательного предельного дробления подпрограммами SCNC и CRAB по полным остаткам на ситах (накопленным частотам, кумулятивным фракциям) с параметром «дельта», равном средней длине ребра графа, получено 13 классов (а по обычным фракциям — 22). Это свидетельствует о том, что способ представления исходных данных влияет на результаты классификации.

Результаты классификации по 42 пробам (скважины 352, 358 и 357) и по 112 пробам различны для одних и тех же скважин. Это свидетельствует о зависимости результатов классификации от объема выборки.

Таким образом, результаты классификации зависят от способов: применения программы, построения кратчайшего незамкнутого пути, задания условия прекращения дробления, вычисления минимально допустимого граничного отрезка, представления исходных данных, а также от количества исходных данных. Поэтому с помощью подпрограммы CRAB нельзя получить однозначную воспроизводимую разбивку на классы. Для получения повторимых результатов классификации необходимо соблюдение следующих правил.

1. Применяется комбинация одинаковых подпрограмм, например SCNC и CRAB. Первая строит кратчайший незамкнутый путь, а вторая осуществляет по нему разбивку на классы.

2. Применяется последовательное предельное дробление на два класса каждого ранее выделенного класса.

3. Задается одинаковое условие прекращения выделения новых классов. Дробление класса прекращается тогда, когда длина максимального отрезка кратчайшего незамкнутого пути уже не может считаться грубой ошибкой.

4. Минимально допустимая длина граничного отрезка («дельта») принимается равной 0,99 максимальной длины отрезка кратчайшего незамкнутого пути.

5. Используются однотипные данные.

6. Используется один и тот же массив исходных данных, причем в полном объеме.

Неоднозначность расчленения разреза при математической классификации по разным типам исходных данных является крупнейшим недостатком при решении задач стратиграфии. Впрочем, это только подтверждает известный принцип стратиграфии, гласящий, что «границы комплексов горных пород, выделенных по разным признакам, в общем случае не совпадают друг с другом» [9, с. 126]. Так что математическая классификация с помощью подпрограммы CRAB в принципе не хуже других методов стратиграфии.

Подводя итоги, следует признать, что научная подпрограмма CRAB вместе с подготовительными подпрограммами при обычном ее применении (классификации на заранее заданное число классов) не представляет большой ценности для решения геологических задач. При использовании этой подпрограммы в режиме последовательного предельного дробления получение совершенно однозначного результата классификации невозможно, так как он зависит от шести указанных выше причин. Но возможно получение воспроизводимых (повторимых) результатов при соблюдении приведенных ранее шести правил. Результаты классификации подпрограммой CRAB в режиме последовательного предельного дробления могут быть использованы в стратиграфии (объективное проведение границ). Реально

Результаты расчленения испытательного разреза комбинацией программ SCNC и CRAB при последовательном предельном дроблении с параметром «дельта», равным 0,99 максимальной длины ребра графа

№ пласта	Песок	Класс пробы в скважине №							
		352	358	357	334	335	338	341	
1	<i>Антропоген</i>								
	Крупнозернистый бурый	-	-	-	-	1	-	-	
	<i>Олигоцен</i>								
2	Тонкозернистый зеленый	2	-	-	-	-	-	-	
3	Мелкозернистый белый	23	-	-	-	-	-	-	
		15	-	-	-	-	-	-	
4	Мелкозернистый зеленый и желтый	23	-	-	-	-	-	-	
		16	-	-	-	-	-	-	
		18	-	-	-	-	-	-	
		12	-	-	-	12	-	-	23
		-	-	-	-	19	-	-	24
5	<i>Эоцен</i>	-	-	-	4	4	4	23	
		-	-	-	22	4	4	25	
		-	-	-	4	4	4	6	
		-	20	9	-	-	-	11	
		-	-	13	-	-	-	3	
6	Среднезернистый белый	-	-	9	7	-	17	-	
		-	-	1	1	1	1	-	
6	Разнозернистый белый	-	-	-	8	-	-	-	
7	Крупнозернистый белый и серый	-	-	1	1	1	1	14	
8	Среднезернистый серый	-	-	-	-	-	11	11	
9	Мелкозернистый серый	-	-	5	-	-	-	-	
		-	23	23	-	-	-	-	
		-	21	10	-	-	-	-	
		-	23	23	-	-	4	-	

подпрограмма CRAB объективно выделяет гранулометрические разновидности песков с объективно проведенными границами между ними (табл.), которые находят применение при решении геологических задач. Математическую классификацию с помощью подпрограммы CRAB можно в принципе считать одним из методов геологических исследований, применимым в литостратиграфии, хотя для создания реального, более надежного метода исследования нужны дополнительные работы.

Список литературы: 1. *Абрамович Н.С.* Таксономия // Математическое обеспечение ЕС ЭВМ / Ин-т математики АН БССР. 1976. Вып. 10: Пакет науч. подпрограмм: Руководство для программиста, ч. 6. С. 139 — 150. 2. *Елкина В.Н., Загоруйко Н.Г.* Количественные критерии качества таксономии и их использование в процессе принятия решений // Вычисл. системы: Сб. тр. / Ин-т математики Сиб. отд. АН СССР. 1969. Вып. 36. С. 29 — 46. 3. *Загоруйко Н.Г.* Методы распознавания и их применение. М.: Сов. радио. 1972. 208 с. 4. *Мате-*

матическое обеспечение ЕС ЭВМ. / Ин-т математики АН БССР Минск: Вып. 1: Пакет науч. подпрограмм. ч. 1. 1982. 227 с. 5. *Математическое обеспечение ЕС ЭВМ.* / Ин-т математики АН БССР. Вып. 16: Пакет науч. подпрограмм на ФОРТРАНе: Руководство для программиста, ч. 9. 1978. 199 с. 6. *Пакет прикладных программ ОТЭКС/ Н.Г. Загоруйко, В.Н. Елкина, Е.В. Емельянов, Г.С. Лбов.* М.: Финансы и статистика. 1986. 158 с. 7. *Прим Р.К.* Кратчайшие связывающие сети и некоторые обобщения // Кибернет. сб.: Сб. пер. 1961. № 2. С. 95 — 107. 8. *А.П. Соловов, А.А. Матвеев* Геохимические методы поисков рудных месторождений: Сб. задач. М.: Изд-во МГУ. 1985. 232 с. 9. *Тесленко Ю.В.* Основы стратиграфии осадочных образований. Наук. думка. 1978. 139 с. 10. *Румшицкий Л.З.* Математическая обработка результатов эксперимента: Справ. руководство. М.: Наука. 1971. 192 с. 11. *Физико-химические методы анализа: Практ. руководство: Учеб. пособие для вузов / В.Б. Алесковский, В.В. Бардин, М.И. Булатов и др.; Под ред. В.Б. Алесковского.* Л.: Химия, 1988. 376 с.

Поступила в редколлегию 8.10.97

УДК 550.8.053:519.2

Б.Г. ЧЕРВОНЫЙ

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПРОГРАММОЙ КМТСС В ЛИТОСТРАТИГРАФИИ

Программа КМТСС входит в Пакет научных подпрограмм для ЕС ЭВМ Института математики АН Белоруссии (ПНП БИМ). Она выполняет классификацию объектов по матрице показателей связи между ними (факторный анализ качественных признаков). Программа осуществляет поиск разбиения множества объектов на непересекающиеся классы, дающего максимум (локальный) функционалу [1].

Примененный в программе КМТСС алгоритм относится к одному из наиболее универсальных способов формирования классификации как решения некоторой оптимизационной задачи. В качестве критерия оптимальности классификации используется сумма «внутренних» связей за

вычетом некоторого порогового значения, характеризующего существенность связей. Оптимальная по данному критерию классификация удовлетворяет не связанному с каким-либо критерием требованию — средняя связь внутри каждого класса превышает среднюю связь объектов этого класса как со всеми остальными, так и с объектами каждого другого класса. Можно использовать как содержательный, так и формальный метод выбора порога существенности связей. При различных значениях этого порога являются оптимальными разные разбиения [4; 5]. Рассматриваемый алгоритм классификации пригоден для обработки качественных признаков [3 — 5]. К качественным

признакам относятся номинальные (классификационные) и ранговые (порядковые). Номинальный признак выражает только совпадение или различие значений признака для разных объектов. Ранговый признак выражает степень проявления какого-либо свойства в виде номеров значений в их естественном порядке [3, с. 7]. Этот же алгоритм классификации можно использовать для анализа количественных признаков (результатов измерений или простого подсчета количества).

Алгоритм построения классификации состоит в последовательном применении процедур объединения, перемещения и проверки. Процедура объединения исходит из начального разбиения на одноэлементные классы. Затем анализируются связи между классами и объединяются такие, между которыми суммарная связь максимальна и положительна. Процесс прекращается, как только среди сумм связей не обнаружится положительных. Процедура перемещения состоит в последовательном перемещении каждого объекта в порядке нумерации в тот класс, при котором показатель качества разбиения получает наибольшее положительное приращение. Процедура проверки анализирует соответствие полученного разбиения необходимым условиям оптимальности. При этом полученные классы, соответствующие указанным условиям, сохраняются как результат, а несоответствующие классы снова «рассыпаются» на одноэлементные классы и начинается повторное выполнение названных процедур [3 – 5]. К классификации описанным алгоритмом приводят модель факторного анализа качественных признаков и оптимальное разбиение. Для формального определения порога существенности связей используется метод наименьших квадратов [4; 5].

Среди выявленных достоинств рассматриваемого алгоритма классификации особо ценны два. Применяемый в алгоритме подход позволяет решить задачу классификации и в том случае, когда множество объектов состоит из пересекающихся компактных групп и любое разбиение на непересекающиеся классы является «насильственным» [3, с. 149]. Анализируемый алгоритм дает однозначный

результат, если фиксировано значение порога существенности связей [4, с. 142; 5, с. 140]. А порог может вычисляться самой программой [1].

Исходными данными для счета являются не собственно результаты измерений, а верхний треугольник матрицы (таблицы) показателей связи между объектами (в рассматриваемом случае – результатами гранулометрических анализов), расположенной по строкам. Определяются связи первого объекта со всеми остальными (исключая первый) и т.д. Этот массив должен составить сам пользователь [1]. Программа может искать разбиение на классы и вычислять значение функционала для предварительно полученного разбиения на классы [1]. Далее идет речь о работе программы только в режиме поиска разбиения на классы, когда код разбиения равен нулю. Порог существенности связей может задаваться пользователем (исходя из содержания конкретной задачи) или определяться самой программой в процессе ее работы по методу наименьших квадратов [1]. Нами определение порога существенности связей было возложено на программу, для чего коду для выбора порога существенности связей было присвоено ненулевое значение (единица), а порог существенности связей получил произвольное значение 10,0.

Возможности программы испытывались на разрезе по семи скважинам, пробуренным при поисках формовочных песков в 1963 г. (автор отчета – геолог Харьковской геологоразведочной экспедиции П.Т. Мелихова). Содержание почти всех фракций (в целом по массиву) колеблется от околонулевых значений до десятков процентов.

Начальными данными для вычислений послужили результаты 112 13-фракционных гранулометрических анализов секционных проб формовочных песков. Вычисления выполнены на ЭВМ ЕС-1066 в Харьковском университете. Программа составлена на языке ФОРТРАН. В качестве показателя связи между объектами (отдельными проанализированными пробами) при составлении верхнего треугольника матрицы показателей связи брались вначале две величины, обратные ев-

клидову расстоянию и квадрату евклидова расстояния. Евклидово расстояние, по версии Н.С. Абрамович, – это сумма квадратов разностей содержаний одинаковых фракций в двух сравниваемых результатах анализов (формулировка применительно к результатам анализов) [1, с. 60]. По версии С.А. Картавова, евклидово расстояние – это квадратный корень из суммы квадратов разностей содержаний одинаковых фракций в двух сравниваемых результатах анализов [2, с. 72]. Вторая формулировка была принята за истинную, а испытывались обе характеристики. Во всех случаях показатель связи сначала принимался равным единице, а затем, если евклидово расстояние было не меньше 0,000001, он вычислялся как частное от деления единицы на евклидово расстояние. Непосредственно для счета использовался верхний треугольник матрицы показателей связи, преобразованный в строку. Запись в одну строку осуществлялась последовательно по строкам верхнего треугольника матрицы.

Поскольку при заданном режиме работы (режим классификации наблюдений при выборе порога существенности связей программой) нет меняющихся входных параметров, проверялось наличие зависимости результатов классификации от порядка ввода исходных данных, от их количества, а также от показателя связи и способа представления исходных данных.

Испытывалось сначала три показателя связи – величины, обратные: квадрату евклидова расстояния, евклидову расстоянию (пояснения см. выше) и сумме модулей (абсолютных значений) разностей одноименных фракций. Последний показатель предложен нами. Начало вычисления всех трех величин одинаковое, но для вычисления первой и второй из них разности одноименных фракций возводятся в квадрат и затем суммируются, а для вычисления второй затем из суммы квадратов разностей извлекается квадратный корень. Итого получается, что первый показатель наиболее контрастный, а третий – наименее.

Исходные данные обрабатывались в виде: обычных формовочных фракций;

полных остатков на ситах, или как их иногда называют, кумулятивных фракций; объединенных фракций, близких к фракциям АзНИИ (которые выделялись при геологической съемке масштаба 1:200000); сумм трех смежных фракций (используемых при определении качества формовочных песков); среднего размера зерен как наиболее универсальной характеристики при разных наборах сит для отсева. Оказалось, что результаты классификации не зависят от порядка ввода исходных данных.

Выбор показателя связи осуществляется при исходных данных в виде обычных формовочных фракций. Оказалось, что результаты классификации очень сильно зависят от показателя связи между объектами. Так, при использовании в качестве показателя связи величины, обратной евклидову расстоянию, выделилось шесть классов, а применение величины, обратной квадрату евклидова расстояния, дало 111 классов из 112 проб. Это заставляет отказаться от показателя связи в виде величины, обратной квадрату евклидова расстояния (причины испытания этой величины изложены выше). Два других показателя связи позволили выделить по 6 классов, но на самом деле привели к разным результатам классификации. Исходя из результатов следует предпочесть показатель связи в виде величины, обратной сумме модулей разностей одноименных фракций, давшему более правдоподобную картину на разрезе (таблица). Однако не исключается возможность использования величины, обратной евклидову расстоянию. Дальнейшие испытания проводились с этими двумя показателями связи.

Для выяснения зависимости результатов классификации от числа исходных данных вводились результаты анализов 42 проб (по трем скважинам) и 112 проб (по семи скважинам). По 112 пробам при использовании в качестве исходных данных обычных формовочных фракций при обоих выбранных показателях связи выделилось по шесть классов. При том же типе исходных данных по 42 пробам при показателе связи, обратном евклидову расстоянию, выделился 41 класс, а при показателе связи, обратном сумме моду-

лей разностей одноименных фракций, выделилось 10 классов. Эти результаты указывают на возможность получения весьма различных результатов по полному массиву исходных данных и его части при прочих равных условиях, что является серьезным недостатком программы КМТСС и используемых ею методов.

Далее рассмотрим влияние на результаты классификации разных исходных данных. При показателе связи в виде величины, обратной евклидову расстоянию, и при исходных данных в виде обычных формовочных фракций, полных остатков на ситах и сумм трех смежных фракций получено по шесть классов, но с разным расчленением испытательного разреза, а при фракциях, близких к фракциям АзНИИ, получено 16 классов. При показателе связи в виде величины, обратной сумме модулей разностей одноименных

фракций при трех типах исходных данных (обычные формовочные фракции, полные остатки на ситах, сумма трех смежных фракций) получено по 6 классов с одинаковым расчленением (см. таблицу). А вот при фракциях, близких к фракциям АзНИИ, 112 проб разделилось на 111 классов, что явно не имеет практического смысла.

Отдельно рассмотрим исходные данные для классификации в виде среднего размера зерен. Его можно рассчитать при рассеве на любых ситах, т.е. это универсальная характеристика. С другой стороны, его можно применить только для одномерной классификации (по одному признаку). В ПНП БИМ, где имеются лишь программы многомерной классификации (по ряду признаков), программа КМТСС уникальна в том смысле, что

Результаты расчленения испытательного разреза программой КМТСС при показателе связи, обратном сумме модулей разностей одноименных фракций

№ пласта	Песок	Класс пробы в скважине №						
		352	358	357	334	335	338	341
1	Четвертичный возраст Крупнозернистый бурый Олигоцен	-	-	-	-	2	-	-
		4	-	-	-	-	-	-
2	Тонкозернистый зеленый	1	-	-	-	-	-	-
		1	-	-	-	-	-	-
3	Мелкозернистый белый	3	-	-	3	-	-	-
		3	-	-	3	-	-	-
4	Мелкозернистый зеленый и желтый	-	-	-	1	1	1	1
		-	-	-	1	1	1	1
5	Эоцен Среднезернистый белый	-	2	2	2	2	2	-
		-	-	-	-	-	-	2
6	Разнозернистый белый	-	-	-	-	-	3	3
		-	-	2	2	2	2	2
7	Крупнозернистый белый и серый	-	-	-	5	-	-	6
		-	-	-	2	2	2	-
8	Среднезернистый серый	-	-	-	2	2	-	2
		-	-	2	2	2	2	2
9	Мелкозернистый серый	-	-	2	-	-	2	2
		-	1	1	-	-	1	-
		-	-	-	-	-	1	-
		-	1	1	-	-	1	-

позволяет пользователю самому составить показатель связи, учитывающий только один признак, например средний размер зерен. Нами было испытано четыре варианта показателей связи на основе среднего размера зерен.

При показателе связи, обратном квадрату разности средних размеров (одномерному аналогу квадрата евклидова расстояния), 112 проб разделилось на 98 классов, что не имеет практического смысла. При показателе связи, обратном модулю разности средних размеров (одномерному аналогу одновременно модуля разностей одноименных фракций и евклидова расстояния), те же 112 проб разделились на 109 классов. При показателе связи, обратном модулю разностей квадратов средних размеров, выделилось 110 классов. А вот при использовании в качестве показателя связи величины, обратной квадратному корню из разности квадратов средних размеров зерен, выделилось лишь 14 классов. Но последние дали на испытательном разрезе картину с явно избыточным дроблением средне- и крупнозернистых песков при нерасчленении мелкозернистых. Полученные результаты заставляют отказаться от исходных данных в виде среднего размера зерен и особых показателей связи на его основе, что исключает возможность совместной обработки гранулометрических анализов с выделением разных фракций.

Следовательно, с помощью программы КМТСС можно обрабатывать результаты гранулометрических анализов только с одинаковым набором фракций. При этом результаты классификации зависят как от способа выражения исходных данных, так и от принятого показателя связи. Оптимальный способ выражения исходных данных и показатель связи приходится выбирать по результатам классификации. При этом надо обязательно испытать показатель связи в виде величины, обратной сумме модулей разностей одноименных фракций, поскольку он дал наиболее стабильные результаты.

Выше рассмотрена формальная сторона результатов классификации программой КМТСС. Теперь проанализируем содержательную, смысловую сторону.

Во всех вариантах классификации выделен один и тот же класс из нижних проб скважины № 352 и верхних проб скважины № 334. Данный пласт (класс) по визуальной оценке в скважине № 352 был выделен, а в скважине № 334 был выявлен только его верхний контакт. Это показывает, что программа КМТСС позволяет выделять неповторимые по гранулометрическому составу пласты, которые могут оказаться и маркирующими горизонтами. Причем могут выявляться даже скрытые геологические границы, т.е. скрытые стратиграфические несогласия (например, как в скважине № 334), выделение которых обычно является большой проблемой. В то же время мелкозернистые пески, как кварцевые эоценового и олигоценного возраста, так и глауконит-кварцевые олигоценного возраста, попадают в один класс.

Приведенные данные позволяют сделать следующие выводы. С помощью программы КМТСС можно выделять различающиеся по гранулометрическому составу пласты, в том числе маркирующие и со скрытыми границами, но не всегда. Между выделенными пластами границы проводятся объективно. Полнота расчленения разреза явно недостаточна.

Последний вывод наталкивает на мысль использовать последовательное предельное дробление. В результате такого по обычным фракциям мелкозернистые пески разного возраста и состава остались в неизменном виде, а дополнительно разделились средне- и крупнозернистые пески, которые и до этого были довольно четко обособлены. Так что последовательное предельное дробление программой КМТСС не улучшило результатов классификации.

Реально программа КМТСС объективно выделяет гранулометрические разновидности песков с объективно проведенными границами между ними. Эти гранулометрические разновидности могут быть маркирующими горизонтами, причем даже с невидимыми (или незамеченными) границами между ними, но чаще всего образуют повторяющиеся в разрезе тела и отдельные линзы. Полное объективное выделение геологических тел не получается, а вот помощь в решении задач стра-

тиграфии по маркирующим горизонтам и объективно проведенным границам несомненна. Поэтому классификацию посредством программы КМТСС можно считать одним из методов литостратиграфии. Однако для повышения надежности данного метода необходимы дополнительные работы.

Список литературы: 1. *Абрамович Н.С.* Классификация объектов по матрице показателей связи между ними (КМТСС) // Математическое обеспечение ЕС ЭВМ / Ин-т математики АН БССР. Минск., 1978. Вып. 16: Пакет науч. подпрограмм на ФОРТРАНе: Руководство для программиста, ч. 9. С. 60 – 72 2. *Картавов С.А.* Математические термины: Справ. библиогр.

слов. К.: Выща шк. Головное изд-во, 1988. 295 с. 3. *Миркин Б.Г.* Анализ качественных признаков: Математические модели и методы. М.: Статистика, 1976. 166 с. 4. *Куперштох В.Л., Миркин Б.Г., Трофимов В.А.* К обоснованию одного критерия классификации // Методы моделирования и обработка информации. Новосибирск, 1976. С. 131 – 142 5. *Куперштох В.Л., Миркин Б.Г., Трофимов В.А.* Сумма внутренних связей как показатель качества классификации // Автоматика и телемеханика. 1976. № 3. С. 133 – 141.

Поступила в редколлегию 08.10.97

УДК 55:351.853.2(477.54)

М.В. КОСМАЧЕВА

ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ ХАРЬКОВЩИНЫ

В связи с учетом геологических памятников Украины в Харьковской области выделено 34 объекта, краткие описания которых вошли в опубликованный в 1985 г. справочник-путеводитель [1]. Существенным недостатком этого издания является крайне малый объем, не позволивший его авторам дать описания памятников, достаточные для их паспортизации. Кроме того, в число геологических памятников не был включен ряд важных в научном и учебно-краеведческом отношении объектов: стратотипы свит, соответствующих юрской системе; некоторые местонахождения палеонтологических остатков («каменская флора» средней юры в окрестностях Изюма, «змиевская флора» олигоцена, юрские и каменноугольные окаменелости Красного Оскола и др.); минералого-петрографические достопримечательности (выходы юрских песчаников с роговой обманкой, меловых спонголитов, своеобразные проявления гипса, пирита, халцедона, опала на Изюмщине) и т.д. С другой стороны, часть указанных в справочнике [1] геологических памятников из-за недостаточной охраны перестала су-

ществовать. Все это, на наш взгляд, свидетельствует о необходимости изучить современное состояние ранее выделенных объектов, дополнить их новыми и описать в целях паспортизации для оформления в качестве охраняемых геологических памятников природы. В известной мере такая работа была проведена нами в местах наибольшей концентрации геологических достопримечательностей – в Змиевском, Балаклейском, Барвенковском и Изюмском районах, которые рассматриваются нами как опорные районы проведения геолого-краеведческой работы [2 – 5].

При посещении геологических памятников выявлены следующие группы факторов, угрожающих их сохранности.

1. Хозяйственное и промышленное строительство, а в последнее время и дачная застройка в непосредственной близости к таким объектам, приводящие к их загрязнению, а порой и к ликвидации. Например, в результате промышленного строительства на юго-восточной окраине Изюма уничтожено уникальное местонахождение среднеюрской фауны в подлуж-

ной свите. В настоящее время дачное строительство в окрестностях Изюма реально угрожает объектам близ с. Донецкое (урочище Крутенкое, овраги восточной окраины села), с. Каменка (Протопивская балка) и др. Печальным примером уничтожения палеонтологического памятника (одного из трех, выделявшихся в области [1]) является устройство в оставленном разработкой карьере строительных песков в с. Савинцы склада труб для магистрального газопровода, причем тщательнейшим образом были выбраны и вывезены прекрасные псевдоморфозы халцедона по палеогеновой (бучакской) дресине.

2. Устройство свалок (зачастую бесконтрольных) в оврагах и брошенных карьерах, имеющих значение геологических памятников. Например, свалка на западном склоне горы Кременец близ Изюма не только уничтожила отработанный карьер верхнеюрских известняков с прекрасными геологическими объектами, но и реально угрожает Красному Яру, который уже подвергается загрязнению. Здесь уместно вспомнить уничтоженные по той же причине объекты близ железнодорожной станции Зеленый Гай в Харьковском районе (обнажение полтавской серии "Яр Печеник") и Змиева (обнажение харьковской и полтавской серий "Балка Круглик").

3. Противозерозионные мероприятия – террасирование и залесение склонов, засыпка оврагов. Эти в большинстве случаев необходимые работы иногда, однако, приводят к уничтожению или нанесению урона геологическим памятникам, особенно с геоморфологическими природными объектами. Например, излишнее террасирование полностью изменило облик Больших каменных обнажений, известных научному миру еще по работам Борисяка А.А. [6].

4. Рекультивация земель после обработки карьеров. Эти работы, конечно, необходимы, но они должны проводиться с учетом геологической значимости объектов. Наиболее информативные забои надо сохранять в качестве геологических памятников. Сейчас это следует сделать на ряде месторождений, в частности на Яремовском (лучшие в регионе обнаже-

ния сеномана), Малокамышевахском, Заводском, Смирновском (прекрасные разрезы карбонатной верхней юры, богатой окаменелостями).

Защита геологических памятников от угрожающих им факторов невозможна без принятия соответствующих ограничительных мер или запретов. Для этого необходима прежде всего скорейшая паспортизация объектов с тем, чтобы можно было решениями органов власти включить их в природно-заповедный фонд Харьковщины и организовать охрану. Это не должно вызвать затруднений, поскольку геологические объекты располагаются на неудобьях и их заповедание практически не требует изъятия земель их сферы хозяйственной деятельности. Немаловажна также популяризация сведений о геологических достопримечательностях среди населения для предупреждения порчи их по незнанию.

В заключение подчеркнем, что задача сохранения уникальных геологических объектов Харьковщины, имеющих большое научное и учебное значение, не теряет актуальности, тем более, что некоторые из них соответствуют рангу памятников природы общегосударственного значения.

Список литературы: 1. *Геологические памятники Украины: Справ.-путеводитель* / Н.Е. Коротенко, А.С. Ширица, А.Я. Каневский и др. К.: Наук. думка, 1985. 156 с. 2. *Космачев В.Г., Космачева М.В.* Геологическая база «Каменка». Х.: Харьк. ун-т, 1993. 104 с. 3. *Космачева М.В.* Опорные маршруты геолого-краеведческих экскурсий по Харьковщине // Современное состояние и перспективы изучения географии родного края в школах: Тез. докл. Х., 1994. С. 128 – 129. 4. *Космачева М.В.* Об использовании геологических памятников Каменского полигона на Харьковщине для обеспечения школьных курсов географии // Непрерывное географическое образование: Новое в содержании и методике: Материалы совещ. Х., 1996. С. 61 – 62. 5. *Некос В.Е., Космачева М.В., Космачев В.Г.* Методика проведения учебных геолого-географических краеведческих экскурсий. Х.: Харьк. ун-т, 1991. 107 с. 6. *Борисяк А.А.* Геологических очерк Изюмского уезда и прилегающей полосы Петроградского и Змиевского уездов // Тр. геол. ком. Новая сер. 1905. Вып. 3. С. 1 – 344.

Поступила в редколлегию 11.11.97

ВЕРХНЕМЕЛОВЫЕ CANCELLOTHYRIDAE ОКРАИН ДОНЕЦКОГО БАСЕЙНА

Характерными представителями фауны верхнемеловых отложений окраин Донецкого бассейна являются брахиоподы. Но, несмотря на довольно значительное количество работ, описывающих данную группу, брахиоподы изучены недостаточно. Наименее же изучены представители подсемейства Cancellothyridae, которым до настоящего времени не посвящено ни одной работы. Необходимо заполнить этот пробел.

Нами исследованы имеющиеся в коллекциях Харьковского университета верхнемеловые Cancellothyridae, а также брахиоподы указанного подсемейства, любезно предоставленные другими палеонтологами. Некоторые результаты приведены ниже.

Имеющиеся канцелотириды не отличаются большим родовым и видовым разнообразием. В верхнемеловых отложениях окраин Донецкого бассейна обнаружены представители лишь четырех родов данного подсемейства: *Terebratulina*, *Chlidonophora*, *Eucalathis* и *Rugia*. Наиболее представительны в видовом отношении теребратулины: *Terebratulina compniensis* d'Orb., *T. striata* Wahl., *T. striata* Savc (non Wahl.), *T. chrysalis* Schloth., *T. defrancei* d'Orb., *T. auriculata* Roem., *T. longicollis* Steinich, *T. seebachia* Schloenb. Представители других родов менее многочисленны. Хлидонофоры представлены двумя видами: *Chlidonophora subgracillis* d'Orb. и *Chlidonophora rigida* Sow. Найденные эукалатисы также представлены двумя видами: *Eucalathis gisii* Roem. и *Eucalathis gisii* Hag. В наличии имеется лишь одна, плохо сохранившаяся раковина *Rugia*, а также отдельные фрагменты створок *Rugia*, что делают весьма затруднительным видовое определение.

Выявлен ряд закономерностей в стратиграфическом распространении указанных родов. Так, представители рода *Terebratulina* d'Orb. распространены почти повсеместно. Представители рода *Chlido-*

porhora Dall встречены только в верхнем туроне. Раковины *Eucalathis* Fischer обнаружены лишь в нижнем маастрихте. Найденные же раковина и фрагменты створок *Rugia* принадлежат кампану.

Ниже приведены некоторые особенности морфологического строения раковин подсемейства Cancellothyridae и их сравнительная характеристика.

Раковины данного семейства, как правило, небольшие, радиально-ребристые или струйчатые, со слабо развитой складчатостью лобовой комиссуры. Дельтидиальные платины обычно разобоченные, реже — сросшиеся. Нередко имеются ушки. Петля короткая, в виде кольца или полукольца.

По данным Дж. Томсона (J. Thomson, 1927), современные представители рода *Terebratulina* имеют наибольшее количество видов по сравнению с другими родами и распространены очень широко. Исследования позднемеловых представителей этого рода также свидетельствуют о весьма обширном его географическом и фациальном распространении. Это объясняется экологической валентностью представителей этого рода по отношению к температурному, эдафическому и другим факторам среды.

Раковины *Terebratulina* имеют средние размеры до 15 мм. Ребра тонкие, струйчатые, многочисленные дихотомирующие. Замочный край короткий, макушка слабоизогнутая. Форамен примакушечный, крупный. Круральные отростки расходящиеся, петля большей частью цельная, реже разомкнутая. По характеру петли ручной аппарат, имеющий кольцеобразную форму, близок к некоторым представителям рода *Chlidonophora*. Однако данный род имеет отчетливо выраженные бугорки на ребрах, отсутствующие у *Chlidonophora*. От представителей рода *Eucalathis* описываемый род отличается строением петли и дихотомирующей ребристостью.

Представители рода *Chlidonophora* характеризуются мелкими округлыми раковинами и вставными ребрами. Замочный край раковины широкий, прямой. Макушка изогнутая. Форамен подмакушечный. Круральные отростки сходящиеся. Петля обычно цельная, реже разомкнутая в задней части. Как уже отмечено, внутреннее и внешнее строение раковин очень сходно со строением раковин рода *Terebratulina* d'Orb. Отличие от последнего заключается в более сильно развитой ребристой структуре раковины, большей изогнутости макушки, размере форамена и его подмакушечном положении, а также в сходящихся круральных отростках. От рода *Eucalathis* описываемый род отличается дихотомирующей ребристостью и подмакушечным положением форамена и на-

личием цельной петли, в то время как задняя часть петли *Eucalathis* разорвана.

Представители рода *Eucalathis* характеризуются малого размера удлинено-овальной или (реже) округлой раковиной. Ребра прямые, округлые. Дихотомия и вставные ребра отсутствуют. Макушка почти прямая. Форамен крупный примакучечный. Петля разомкнутая в задней части.

Род *Rugia* не может быть описан вследствие плохой сохранности материала.

Список литературы: 1. Атлас верхнемеловой фауны Донбасса / Под. ред. Г.Я. Крымгольца. М.: Недра, 1974. 639 с. 2. Thomson J. Brachiopod morphology and genera (recent and tertiary) // New Zealand Board of Sci. and Art. Man. Wellington, 1927. N 7. P. 10 - 15

Поступила в редколлегию 19.12.97

УДК 551.491.4

В.А. ТЕРЕЩЕНКО, канд. геол.-мин. наук

ГЕНЕЗИС И ФОРМИРОВАНИЕ РАССОЛОВ ДНЕПРОВСКО-ДОНЕЦКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА

В результате комплексного анализа изотопного, солевого и газового составов подземных рассолов Днепроовско-Донецкого артезианского бассейна с применением математических методов с учетом гидродинамических и палеогидрогеологических особенностей глубоких горизонтов, постседиментационных преобразований в системе вода – порода – органическое вещество и других аспектов естественно исторического развития региона разработана модель формирования рассолов.

По изотопному составу* палеозойские рассолы гораздо более тяжелые ($\delta D = -1 \div +5 \%$, $\delta^{18}O = +0,4 \div 0,6 \%$), чем инфильтрационные воды верхнего гидрогеологического этажа ($\delta D = -7 \div 13 \%$, $\delta^{18}O = -1 \div +1,4 \%$). На графике изотопного состава, как и воды нефтегазоносных отложений других бассейнов [1], они вписываются в поле вод внутренних морей и лагун, седиментогенными производными которых и являются.

Из компонентов солевого состава наиболее информативными в отношении условий формирования рассолов являются хлор и бром. Они относятся к самым консервативным компонентам, практически не участвующим в процессах аутигенного минералообразования, и сохраняют информацию о степени концентрирования вод древних бассейнов седиментации. Однако в артезианских бассейнах с мощными соленосными толщами возможно вторичное обогащение седиментогенных вод хлористым натрием путем его конвективно-диффузионного поступления

в водоносные горизонты, что искажает картину первоначального соотношения хлора и брома и оставляет бром единственным информативным компонентом солевого состава вод. По этой причине необходимо выделять две линии рассолов.

Рассолы первой (чистой) линии не подвергались сколько-нибудь существенному вторичному осолонению по причине значительного удаления от соленосных толщ либо вследствие изначального предельного насыщения хлористым натрием, в то время как рассолы второй (осолоненной) линии подверглись значительному (иногда многократному) вторичному осолонению.

Рассолы чистой линии представлены тремя звеньями, являющимися метаморфизованными дериватами трех крупных палеозойских седиментационных циклов, – нормальной морской и опресненной водой каменноугольных бассейнов и рассолами различных стадий испарительного концентрирования морской воды в эвапоритовых бассейнах девона и перми. Для этих рассолов характерно закономерное повышение содержания брома при увеличении общей минерализации. Хлор-бромный и натрий-хлорный коэффициенты сохраняют постоянные значения (в среднем около 300 и 0,75 соответственно) до начала галитовой стадии, а затем снижаются до 40 – 48 и менее 0,10 для эвтонии после садки калийно-магнезиальных солей (табл. 1).

Верхнее звено чистой линии представлено солеными водами хлоридного кальций-натриевого состава (минерализация 30 – 50 г/дм³, содержание брома 50 – 80 мг/дм³), являющимися метаморфизованной водой каменноугольных морских бассейнов. Эти воды в регионе

* Автор выражает глубокую благодарность Кривошее В.А., любезно предоставившему значительную часть обработанных данных об изотопном составе молекул воды.

Гидрохимические показатели рассолов чистой линии

Стадия испарительного концентрирования	Стадия пост-седиментационного преобразования	Минерализация, г/дм ³	Содержание брома, мг/дм ³	Отношения			
				$\frac{Cl}{Br}$	$\frac{rNa}{rCl}$	$\frac{rCa}{rMg}$	$\frac{B}{Br}$ 100 %
Наличие морской воды и преддоломитовая	ПК - МК ₁	32 - 50 (38)	60 - 110 (82)	250 - 350 (310)	0,74 - 0,80 (0,77)	1,0 - 1,6 (1,2)	3,1 - 3,4 (3,2)
Раннедоломитовая	МК ₁ - МК ₁	80 - 115 (98)	175 - 230 (202)	260 - 340 (302)	0,68 - 0,82 (0,73)	2,0 - 5,0 (3,2)	2 - 6 (4)
Позднедоломитовая	МК ₁ - МК ₃	110 - 165 (137)	235 - 325 (283)	250 - 350 (301)	0,65 - 0,73 (0,69)	2,4 - 4,1 (3,2)	2 - 8 (4)
Раннегипсовая	МК ₁ - МК ₃	170 - 250 (205)	335 - 470 (395)	260 - 345 (315)	0,65 - 0,80 (0,73)	1,4 - 5,3 (2,8)	1 - 4 (2)
	МК ₄	180 - 220 (203)	405 - 460 (435)	290 - 320 (301)	0,55 - 0,65 (0,58)	7,7 - 33,6 (17,1)	3 - 6 (4)
Позднегипсовая	МК ₂ - МК ₃	220 - 280 (240)	480 - 610 (525)	250 - 325 (283)	0,68 - 0,80 (0,74)	2,4 - 4,1 (3,1)	1 - 4 (2)
Раннегалитовая	МК ₂ - МК ₃	300 - 350 (324)	860 - 1630 (1180)	100 - 260 (175)	0,50 - 0,73 (0,62)	1,6 - 5,5 (3,0)	Внутри- солевые 20 - 50, подсоле- вые 1 - 2
Позднегалитовая	МК ₂ - МК ₃	340 - 380 (355)	2000 - 3400 (2660)	65 - 110 (84)	0,30 - 0,50 (0,42)	2,1 - 6,8 (4,6)	2 - 4 (3)
	МК ₄ - МК ₅	345 - 360 (350)	1940 - 2500 (2130)	90 - 110 (102)	0,38 - 0,45 (0,42)	12,0 - 31,0 (17,5)	4 - 11 (8)
Сильвинитовая	МК ₂ - МК ₃	350 - 400 (370)	3800 - 4700 (4200)	50 - 60 (56)	0,17 - 0,36 (0,27)	2,3 - 6,8 (4,7)	1 - 4 (2)
Эвтоническая	МК ₂ - МК ₃	410 - 450 (425)	4900 - 6750 (5930)	40 - 50 (46)	0,05 - 0,10 (0,075)	2,6 - 5,8 (3,8)	1 - 3 (2)

Примечание. В скобках даны средневзвешенные значения.

имеют ограниченное распространение и обнаружены на северном и южном склонах бассейна в отложениях нижнего и среднего карбона на глубинах 700 – 2000 м на некотором удалении (10 – 15 км) от грабенообразной части прогиба, где отсутствовали эвапоритовые бассейны и не могло сказаться вторичное осолоняющее влияние соленосных толщ (Городище, Петропавловка и др.). Наличие седиментогенных морских вод с преимущественно метановыми газами на относительно небольших глубинах на склонах бассейна определяет перспективность этих районов для поиска залежей углеводородов на небольших глубинах [2]. С внешней стороны полоса распространения этих вод окаймляется полосой соленых вод с минерализацией менее 20 г/дм³, являющихся продуктом разбавления седиментогенных вод пресными инфильтрогенными на глубинах менее 500 – 700 м и представляющих большой интерес как минеральные лечебные воды.

Среднее звено чистой линии представлено рассолами, производными раннепермских эвапоритовых бассейнов на стадиях сгущения от доломитовой до раннегалитовой. Слабые рассолы доломитовой стадии осолонения (минерализация 70 – 150 г/дм³, содержание брома 130 – 330 мг/дм³) обнаружены местами в северной прибортовой части бассейна (Североголубовская, Краснополовская площади). Более широко представлены хлоридные кальциево-натриевые крепкие рассолы, производные рапы на гипсовой стадии сгущения (содержание брома 330 – 650 мг/дм³). Они типичны в подсолевых нижнепермско-верхнекаменноугольных отложениях, а минерализация их изменяется от 170 – 190 г/дм³ на Глинско-Розышевской площади (раннегипсовая стадия) до 270 – 300 г/дм³ на Шебелинке (позднегипсовая стадия).

Рассолы доломитовой и гипсовой стадий, дополнительно обогащенные бромом (хлорбромный коэффициент 150 – 250), вероятно, за счет поступления из органического вещества, развиты также в отложениях карбона в виде узкой полосы на северных окраинах Донбасса (Гречишки-

но, Новый Айдар и др.), где их присутствие, по всей вероятности, фиксирует существование системы промежуточных лагун и проливов, соединявших раннепермские лагуны Днепровско-Донецкой впадины и Бахмутской котловины с питавшими их морями на юго-востоке.

Для рассолов, связанных с гипсовой стадией, характерен наиболее тяжелый изотопный состав по водороду (δD снижается до 0 + 10%).

Весьма крепкие рассолы (минерализация 300 – 340 г/дм³, содержание брома 700 – 1600 мг/дм³) хлоридного кальций-натриевого и натрий-кальциевого состава, являющиеся производными рапы раннепермских бассейнов раннегалитовой стадии осолонения, развиты во внутрисолевых нижнепермских и подсолевых нижнепермско-верхнекаменноугольных отложениях в наиболее погруженной части юго-востока Днепровско-Донецкой впадины (Крестище, Медведовка, Мелиховка и др.). Рассолы, связанные с более поздними стадиями раннепермского галогенеза, до настоящего времени в регионе не обнаружены, хотя их существование вероятно, поскольку установлено, что раннепермский галогенез доходил до садки бишофита.

Нижнее звено чистой линии представлено рассолами, связанными с захоронением рапы верхнедевонских эвапоритовых бассейнов. Здесь плохо сохранились, хотя и имеются, рассолы гипсовой и раннегалитовой стадий сгущения (Грибова Рудня и некоторые другие площади). Зато наиболее полно представлены весьма крепкие и даже сверхкрепкие рассолы хлоридного натриево-кальциевого и кальциевого состава позднегалитовой стадии сгущения (Сагайдак, межсолевые девонские отложения Припятского прогиба) и калийно-магнезиальной (подсолевые отложения Припятинского прогиба). Минерализация последних составляет 380 – 400 г/дм³, содержание брома 3,8 – 4,7 г/дм³, калия 4,5 – 18 г/дм³. На отдельных площадях Припятского прогиба (Горохов, Копаткевичи) в подсолевых отложениях имеются сверхкрепкие рассолы (410 – 450 г/дм³) хлоридного кальциевого состава.

ва (натрий-хлорный коэффициент менее 0,1) с содержанием брома 5,5 - 6,75 г/дм³ (хлорбромный коэффициент около 40). Их формирование связывается с захоронением и метаморфизацией хлоридно-магниевого эвтонизирующего посткалийной стадии осолонения.

Рассолы чистой линии залегают в породах невысокой степени измененности (стадия начального катагенеза, градации МК₁ - МК₃, современные пластовые температуры до 100 °С). Их метаморфизация происходила главным образом на стадии диагенеза и заключалась в десульфатизации и замене большей части магния на кальций в процессе доломитизации известняков. При этом равновесное эквивалентное отношение кальция к магнию в растворе установилось на уровне 3 - 5. Специфические особенности взаимодействия в системе вода - порода - ОВ отмечаются во внутрисолевых нижнепермских и межсолевых девонских отложениях. В них высокая степень обогащения рассолов йодом, что, вероятно, связано с наличием биогермных построек в каменноугольных отложениях северных окраин Донбасса (обогащение рассолов стронцием, барием и дополнительное обогащение бромом), а также во внутрисолевых отложениях Сагайдакской площади, где залегание рассолов в зоне глубинного катагенеза определило их участие в постлитификационной доломитизации и натрий-кальциевом обмене, а также обогащение рассолов бором, литием, рубидием, цезием. Последнее, возможно, связано и с гидротермальной метаморфизацией в бассейне седиментации, имевшем рифтовую природу [3].

Рассолы второй линии представляют метаморфизованную морскую воду или рассолы эвапоритовых бассейнов начальных стадий испарительного концентрирования (доломитовой и раннегипсовой). Рассолы после захоронения подверглись вторичному осолонению в результате конвективно-диффузионного поступления хлористого натрия из соленосных толщ и соляных куполов. В итоге минерализация их повысилась до 150 - 300 г/дм³, а хлорбромное отношение увеличилось в зависимости от степени осолонения, определяемой близостью соленосных пород и дли-

тельностью процесса, до 600 - 1200 и даже до 2400 - 3000 (табл. 2). Увеличение минерализации морской воды в нижнекаменноугольных отложениях до степени крепких рассолов в течение каменноугольного периода привело к тому, что рапа раннепермских эвапоритовых бассейнов не смогла спуститься в эти отложения и вытеснить из них осолоненную морскую воду. Последняя и сохранилась на ряде площадей на глубинах 5 - 6 км (Комышннская и др.).

Вторично осолоненные рассолы заполняют большую часть коллекторов среднего и нижнего карбона, надсолевого девона, а также триаса. Они залегают в породах, степень изменения которых варьирует в широких пределах от градаций ПК до АК, поэтому характер и степень метаморфизации этих рассолов также меняются в широких пределах.

В красноцветных формациях на северо-западе Днепровско-Донецкой впадины захороненная во время раннепермской трансгрессии морская вода практически не подверглась десульфатизации, а ее вторичное осолонение привело к повышению натрий-хлорного коэффициента до 0,90 - 0,96. В сероцветных терригенно-карбонатных формациях карбона, подвергшихся изменению в зоне глубинного катагенеза (градации МК₄ - МК₅), в составе вторично осолоненных рассолов отмечается резкое возрастание кальций-магниевого отношения (до 15 - 30) и снижение хлорного отношения (до 0,50 - 0,55). Это отражает участие рассолов в постлитификационной доломитизации и процессах натрий-кальциевого и натрий-калиевого обмена, таких, как альбитизация основных плагиоклазов и парагонитизация гидрослюд, что установлено литологическими исследованиями [4; 5].

Особенно четко натрий-кальциевый обмен проявляется в породах, обогащенных вулканогенным материалом. В нижневизейско-турнейском комплексе на юго-востоке региона отмечено значительное обогащение вод йодом.

В существенно глинистых разрезах среднего и нижнего карбона при переходе от зоны начального к зоне глубинного катагенеза фиксируется разбавление

Гидрохимические показатели вторично осолоненных рассолов

Стадия испарительного концентрирования	Стадия постседиментационного преобразования	Минерализация, г/дм ³	Содержание брома, мг/дм ³	Отношения				Степень вторичного осолонения
				$\frac{Cl}{Br}$	$\frac{rNa}{rCl}$	$\frac{rCa}{rMg}$	$\frac{B}{Br}$ 100 %	
Наличие морской воды и преддоломитовая	ПК	60 - 175 (106)	50 - 100 (70)	630 - 1370 (880)	0,86 - 0,92 (0,89)	1,4 - 3,4 (2,0)	5 - 20 (10)	2 - 4
	МК ₁ - МК ₂	70 - 200 (120)	60 - 90 (75)	520 - 1500 (980)	0,75 - 0,81 (0,76)	1,4 - 4,4 (2,8)	3 - 20 (10)	2 - 5
	МК ₃	150 - 260 (186)	50 - 90 (72)	1250 - 2400 (1610)	0,62 - 0,79 (0,68)	3,5 - 9,5 (6,6)	20 - 50 (35)	4 - 8
	МК ₄ - МК ₅	255 - 330 (290)	55 - 75 (66)	2500 - 2970 (2715)	0,50 - 0,70 (0,57)	6,5 - 14,0 (10,1)	60 - 140 (100)	8 - 10
Раннедоломитовая	МК ₁ - МК ₁	85 - 235 (170)	110 - 230 (167)	350 - 1125 (636)	0,66 - 0,82 (0,76)	1,9 - 5,1 (3,5)	3 - 9 (6)	1,5 - 3,5
	МК ₃	170 - 305 (228)	130 - 230 (188)	535 - 1500 (803)	0,59 - 0,80 (0,74)	2,9 - 10,2 (5,0)	10 - 20 (14)	2 - 5
	МК ₄	175 - 315 (252)	110 - 230 (184)	650 - 1340 (892)	0,52 - 0,65 (0,59)	7,6 - 39,0 (15,0)	3 - 60 (11)	2 - 4,5
	МК ₄₋₅	270 - 334 (296)	110 - 140 (124)	1230 - 1670 (1513)	0,42 - 0,54 (0,49)	9,0 - 15,0 (11,5)	28 - 37 (32)	4 - 5,5 для пород, обогащенных основными плагиоклазами
Позднедоломитовая	МК ₁ - МК ₃	200 - 230 (209)	230 - 330 (284)	375 - 560 (455)	0,76 - 0,86 (0,80)	2,5 - 5,8 (4,1)	2 - 8 (5)	1,2 - 2
	МК ₃	220 - 285 (242)	230 - 330 (281)	370 - 720 (535)	0,66 - 0,83 (0,76)	2,8 - 7,0 (5,0)	5 - 7 (6)	1,2 - 2,4
Раннегипсовая	МК ₁ - МК ₃	205 - 280 (242)	330 - 440 (371)	340 - 460 (405)	0,68 - 0,78 (0,73)	2,3 - 6,2 (4,2)	2 - 10 (4)	1,1 - 1,5
Разбавление литогенными водами	МК ₄ - МК ₅	75 - 160 (116)	25 - 95 (70)	600 - 2900 (125)	0,60 - 0,86 (0,73)	3,0 - 11,4 (5,6)	50 - 370 (90)	2 - 9,5
То же и третичное осолонение	МК ₅ - А ₁	250 - 330 (305)	18 - 58 (37)	3380 - 11300 (5990)	0,62 - 0,77 (0,68)	5,6 - 14,9 (8,1)	70 - 890 (350)	

Примечание. В скобках даны средневзвешенные значения.

рассолов маломинерализованными дегидратационными (литогенными) водами, выделяющимися при гидрослюдизации монтмориллонита. Такое явление приводит к возникновению гидрохимических инверсий, индицируемых снижением минерализации, увеличением содержания гидркарбонат-иона, бора, лития и других элементов, а также изотопным утяжелением кислорода молекул воды и возрастанием пластовых давлений, часто до аномально высоких (Балаклејско-Савинцевская, Солоховская и другие площади). Здесь же наблюдается повышение содержания диоксида углерода, что способствует участию вод в растворении карбонатов и формированию вторичной пористости. В случае залегания в непосредственной близости от соленосных толщ дегидратационные воды, обогащенные бором, литием, рубидием, цезием, растворенной углекислотой, подвергаются третичному осолонению, что отмечено на ряде площадей северно-западных окраин Донбасса (Новомечебиловская, Североволвенковская, Спиваковская) [6].

Вследствие уникальных особенностей Днепровско-Донецкого артезианского бассейна, в пределах которого удается проследить рассолы, - производные всех стадий эвапоритового процесса от нормальной морской воды до посткалийной эвтонии и весь ряд постседиментационных изменений водовмещающих пород от протокатагенеза до апокатагенеза, пред-

ложенная модель формирования рассолов приобретает универсальное значение. В ней можно найти место для рассолов из других бассейнов, где обычно представлены только отдельные звенья указанных последовательностей.

Использование выявленных закономерностей формирования рассолов позволяет уточнить роль подземных вод в процессах нефтегазонакопления и повысить эффективность применения гидрогеологических материалов при поисках, разведке и разработке месторождений углеводородов.

Список литературы: 1. Карцев А.А., Вагин С.Б., Шугрин В.П. Нефтегазовая гидрогеология. М.: Недра, 1992. 208 с. 2. Терещенко В.А. Возможности поисков залежей углеводородов в Днепровско-Донецкой впадине на небольших глубинах // Нафта і газ України - 96. X., 1996. Т. 1: Геологія нафти і газу. С. 52 - 53. 3. Терещенко В.А. О механизме циклической эволюции состава океанической воды в фанерозое // Геохимия. 1996. № 1. С. 132 - 138. 4. Карпова Г.В. Эволюция глинистых минералов в терригенных толщах. М.: Недра, 1972. 169 с. 5. Лукин А.Е. Формации и вторичные изменения каменноугольных отложений Днепровско-Донецкой впадины. М.: Недра, 1977. 102 с. 6. Терещенко В.А. Гидрогеологические особенности глубоких (4 - 6 км) горизонтов Днепровско-Донецкой впадины // Вестн. Харьк. ун-та. 1984. № 264: Охрана и рациональное использование ресурсов и производственных сил Левобережной Украины. С. 29 - 32.

Поступила в редколлегию 10.09.97

УДК 551.464:551.73.78

В.А. ТЕРЕЩЕНКО, канд. геол.-мин. наук

СОДЕРЖАНИЕ ЩЕЛОЧНЫХ ЗЕМЕЛЬ В ВОДЕ ПАЛЕОЗОЙСКОГО ОКЕАНА

Еще в начале XX в. А. Лэйн установил увеличение отношения Na^+/Cl^- в подземных рассолах с уменьшением возраста водовмещающих пород. Справедливо считая рассолы производными древних морей, он пришел к выводу о снижении в морской воде содержания магния и кальция в течение фанерозоя [1]. В дальнейшем А.Б. Ронов, основываясь на данных о

снижении роли первичных доломитов среди карбонатных пород, начиная с раннего протерозоя, считал, что древний океан содержал гораздо больше магния, чем современный [2]. В последние годы, однако, Х. Холленд утверждает, что содержание Mg^{2+} в морской воде палеозоя составляло примерно половину от его содержания в настоящее время [3].

Гидрохимические показатели рассолов

Стадия испарительного концентрирования	Показатели		
	$\frac{rNa}{rCl}$	$rCa + r Mg,$ % экв.	$\frac{rCa}{rMg}$
Наличие морской воды и начальные стадии сгущения	0,74 – 0,80 (0,77)	10,6 – 15,0 (12,0)	1,0 – 1,6 (1,2)
Доломитовая	0,68 – 0,77 (0,72)	11,4 – 16,3 (13,8)	2,0 – 5,0 (3,2)
Гипсовая	0,68 – 0,80 (0,73)	10,6 – 16,3 (13,4)	1,0 – 5,3 (2,9)
В среднем по всем стадиям	0,68 – 0,80 (0,73)	10,6 – 16,3 (13,4)	1,0 – 5,3 (2,9)
Современная океаническая вода	0,87	10,5	0,19

Примечание. В скобках даны средневзвешенные значения.

Современные представления о формировании седиментогенных рассолов накладывают серьезные ограничения на возможности использования данных об их составе для реконструкции соотношения катионов в воде древних морей, что заставило исследователей скептически относиться к выводам А. Лэйна. Так, рассолы, захороняемые на поздних стадиях эвапоритовой седиментации после начала садки галита, содержат гораздо больше магния - вплоть до его резкого преобладания, чем исходная морская вода.

Постдиагенетическая метаморфизация состава захороненных вод на стадии позднего катагенеза часто связана с альбитизацией основных плагиоклазов, что приводит к дополнительному обогащению вод кальцием. Искажение первичного соотношения щелочей и щелочных земель происходит также при вторичном осолонении седиментогенных вод хлористым натрием, поступающим их соленосных толщ. В тоже время основной механизм прямой метаморфизации вод - вторичная доломитизация известняков - не искажает соотношения между щелочами и щелочными землями, поскольку перераспределение магния и кальция между водой и породой не изменяет их суммарного эквивалентного содержания в воде.

На основании исследования формирования рассолов Днепровско-Донецкого бассейна нами сделан вывод о том, что,

несмотря на указанные ограничения, в отложениях палеозоя в ряде случаев все же сохранились относительно слабо измененные рассолы, которые несут информацию о соотношении щелочей и щелочных земель в воде древних морей. Такими реликтами являются производные морской воды каменноугольных бассейнов и рассолов доломитовой* и гипсовой стадий сгущения позднекаменноугольных и раннепермских лагун при условии, то рассолы подверглись вторичному осолонению по причине удаленности от соленосных толщ и не участвовали в процессах альбитизации основных плагиоклазов ввиду отсутствия последних в водовмещающих породах и залегания в зоне начального катагенеза [4].

Проведенная статистическая обработка показала, что суммарное процент-эквивалентное содержание кальция и магния в таких водах существенно превышает тот же показатель для воды современного океана (таблица).

Полученные результаты позволяют считать, что морские воды, питавшие указанные бассейны, а с большой степенью вероятности и воды позднепалеозойского океана содержали щелочных земель в сумме примерно на 25 % больше, чем вода современного океана. Это подтверж-

* Доломитовая стадия сгущения выделяется условно, поскольку условия осаждения доломита в палеозое существенно отличаются от современных.

дает выводы А. Лэйна и А.Б. Ронова. Преобладающая часть щелочных земель, как и в воде современного океана, была представлена магнием, и лишь после ее захоронения в осадках произошла замена большей части магния на кальций в результате доломитизации известняков.

Обнаружение вод-реликтов в других бассейнах позволило бы выявить динамику изменения соотношения щелочей и щелочных земель в океанической воде в течение всего фанерозоя.

УДК 556.314.082

И.М.ПИЛИПЕНКО

ОЦЕНКА ЕСТЕСТВЕННОЙ ЗАЩИЩЕННОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПО ГИДРОХИМИЧЕСКИМ КРИТЕРИЯМ

Охрана подземных вод от загрязнения актуальна для всех стран и регионов. Эта проблема приобретает особое значение применительно к подземным водам, используемым в питьевых целях. Как правило, воды питьевого качества расположены в первых от поверхности водоносных горизонтах, а значит, наиболее подвержены загрязнению.

Природоохранным критерием для подземных вод является их естественная защищенность. Под естественной защищенностью подземных вод от загрязнения понимается способность отложений, перекрывающих водоносный горизонт, препятствовать проникновению загрязняющих веществ с поверхности земли в подземные воды. Защищенность подземных вод зависит от многих факторов, главный из которых – природный. Однако оценить его не всегда возможно даже для участков подземных водозаборов из-за недостаточности, некондиционности, а иногда и отсутствия информации о литологических особенностях перекрывающих отложений. Причины известны: большинство эксплуатационных скважин являются типовыми и пробурены без отбора керна, а часто и без каротажа. Еще большую трудность представляет собой оценка факторов защищенности во взаимосвязи.

Список литературы: 1. Посохов Е.В. Химическая эволюция гидросферы. Л.: Гидрометеоздат. 1981. 286 с. 2. Ронов А.Б. Эволюция состава пород и геохимических процессов в осадочной оболочке Земли // Геохимия. 1972. № 2. С. 137 - 147. 3. Холленд Х. Химическая эволюция океанов и атмосферы: Перевод с англ. М.: Мир, 1989. 552 с. 4. Терещенко В.А. Генезис и формирование рассолов Днепровско-Донецкого бассейна. - См. статью в настоящем вестнике.

Поступила в редакцию 12.09.97

Все существующие методы определения естественной защищенности подземных вод, как правило, предусматривают анализ только первого от поверхности водоносного горизонта. Решение задачи защищенности для второго и последующих водоносных горизонтов сводится к оценке перекрывающих их водоупоров и соотношения уровней этого водоносного горизонта и лежащего выше. Такая оценка связана со значительными трудностями, а зачастую и невозможна из-за отсутствия необходимого фактического материала. Очевидно, что учет всех факторов, определяющих защищенность подземных вод, делает решение задачи еще более сложным, и уж, конечно, не поддающимся схематизации (как для грунтовых вод).

Нами предлагается иной подход к решению этой проблемы: можно сравнить химические составы подземных вод и поверхностных, питающих подземные, а затем оценить естественную защищенность последних.

Предлагаемый метод оценки защищенности. В основу предлагаемого метода положен тот факт, что поверхностные воды, являющиеся источником питания и возможного загрязнения подземных вод, имеют некоторые гидрохимические отличия от подземных. Попадая в зону инфильтрации, поверхностные воды пре-

терпевают гидрохимические изменения вследствие контакта с породой. Как правило, все эти процессы обладают направленностью, сближающей химизм инфильтрационных и подземных вод. Очевидно, что там, где естественная защищенность невелика, т. е. время инфильтрации мало, различия между поверхностными и подземными водами будут меньшими, чем на участках с хорошей естественной защищенностью и соответственно большим временем инфильтрации. Попадая в водоносный горизонт, инфильтрационные воды существенно влияют на формирование гидрохимического режима подземных вод.

Таким образом, численно оценив различия между поверхностными и подземными водами, можно численно оценить защищенность подземных вод. В качестве инструмента оценки различий предлагается формула расчета евклидова расстояния в n -мерном пространстве между гидрохимическими компонентами поверхностных и подземных вод:

$$F_{(i)} = \frac{\sum_{k=1}^N \sqrt{(X_k^2 - X_{ki}^2)}}{\sqrt{N}}$$

где $F_{(i)}$ - показатель взаимосвязи между поверхностными и подземными водами i -й скважины; N - количество признаков (гидрохимических компонент); X_k - стандартизированное значение k -го признака поверхностной воды; X_{ki} - стандартизированное значение k -го признака i -й скважины.

Вместо поверхностных вод в качестве объекта сравнения может использоваться любой гидрохимический объект, питающий (загрязняющий) подземные воды исследуемого водоносного горизонта.

Оцененный показатель взаимосвязи является функцией защищенности подземных вод, а значит, рассчитав показатель взаимосвязи, можно оценить защищенность подземных вод.

Предлагаемый показатель вычисляется для любого количества гидрохимических компонент. Влияние отдельной гидрохимической компоненты на показатель взаимосвязи не зависит от ее абсолютно-

го значения, а зависит от относительной разницы по данному компоненту между поверхностными и подземными водами и оценивается по ее «вкладу» в показатель веса. Вес компоненты определяется как отношение среднего значения этой компоненты по всем объектам к среднему значению всех компонент, рассчитанных в отдельности по всем объектам.

Очевидно, что химический состав подземных вод является результирующим показателем действия всех факторов защищенности, имеющих место на данном участке, т.е. рассчитанный показатель характеризует защищенность подземных вод в целом. Кроме этого, появляется возможность проследить изменение защищенности во времени. Особенно актуально это для подземных водозаборов, поскольку появляется возможность осуществлять текущий контроль в процессе эксплуатации. При любом изменении химического состава можно его оценить, дать прогноз, а значит, предотвратить загрязнение.

Предлагаемый нами метод позволяет оценить защищенность нижележащих водоносных горизонтов при наличии по ним достаточного гидрохимического материала. Метод разрабатывался на материалах десятилетнего исследования Ново-Уренгойского городского водозабора подземных вод. Необходимость разработки оригинального метода была обусловлена сложностью и уникальностью изучаемого объекта, невозможностью непосредственно применить известные методы оценки естественной защищенности подземных вод. Последнее объясняется рядом объективных и субъективных причин:

1. Метод оценки природных факторов защищенности достаточно хорошо разработан для грунтовых вод, а на Ново-Уренгойском водозаборе характер подземных вод смешанный: имеются напорные воды и безнапорные (со свободной уровнем поверхностью), объединенные в водоносный комплекс с тесно связанными водоносными горизонтами.

2. Строение зоны аэрации сложное из-за наличия в ней многолетнемерзлых пород.

3. Кондиционного материала по литологическим особенностям пробуренных

Таблица 1.

Расчет естественной защищенности подземных вод Ново-Уренгойского водозабора по методике В.М. Гольдберга

№ п/п	№ скважин	Глубины фильтров, м/баллов	Литологические показатели, м/баллов, для горизонтов зоны аэрации			Суммарные защищенности, баллов
			a	b	c	
1	1/2	71/8	3/2	7/6	-	16
2	1/4	74/8	21,5/12	-	5/6	26
3	1/6	71/8	11/8	2/2	2/3	19
4	2/1	74/8	-	7/6	-	14
5	2/4	57/6	-	14/11	-	17
6	2/7	79/8	18,6/10	6/5	-	23
7	2/9	70/7	19/10	-	-	17
8	2/13	73/8	11/6	-	-	14
9	3/5	71/8	20/11	-	-	19
10	3/12	117/12	19/10	-	-	22
11	3/13	75/8	12/6	-	-	15
12	4/10	59/6	-	-	-	6
13	5/1	93/10	19/10	-	-	20
14	5/14	81/9	-	-	-	9
15	5/15	57/6	-	-	-	8

эксплуатационных скважин явно недостаточно: лишь для 15 эксплуатационных скважин были получены достоверные геолого-технические разрезы.

4. Полностью отсутствуют материалы по сорбционным свойствам отложений.

Вопрос оценки защищенности подземных вод исходя из литологических свойств перекрывающих отложений был решен для 15 эксплуатационных скважин (табл. 1) [1]. Очевидно, что этого количества недостаточно ни в количественном отношении (нельзя выявить закономерности изменения защищенности по площади водозабора), ни в качественном (не учтен такой важнейший фактор, как сорбционная способность перекрывающих отложений).

Как видно из табл.1, максимальная защищенность подземных вод на участке водозабора превышает 20 баллов и соответствует участкам с развитием островной мерзлоты в зоне инфильтрации и участкам с глубоким заложением фильтров эксплуатационных скважин. Минимальная защищенность составила менее 10 баллов и отвечает участкам скважин с

неглубоким заложением фильтровой части и отсутствием слабопроницаемых пород в зоне инфильтрации.

Расчет показателя взаимосвязи был произведен по 61 действующей эксплуатационной скважине Ново-Уренгойского городского водозабора подземных вод. Объектом сравнения служили воды атмосферных осадков.

В качестве исходного материала использовались следующие гидрохимические компоненты: HCO_3 , SO_4 , Cl , Ca , Mg , $\text{Na}+\text{K}$, а также показатели pH и минерализации. Расчеты были выполнены по разным наборам гидрохимических компонент: по всем перечисленным, по макрокомпонентам, отдельно по катионам и анионам. Был проведен входной контроль фактических данных по основным статистическим показателям. Следует заметить, что для применения расчетной формулы не требуется нормальности (логарифмическая) распределения выборки фактического материала.

Статистический анализ рассчитанных показателей взаимосвязи показал, что все выборки однородны и распределены

Таблица 2.

Коэффициенты парной корреляции (в скобках – числа пар наблюдений)

№ п/п	Показатели и компоненты	Защищенность, баллов	Все компоненты.	Макрокомпоненты.	Анионы	Катионы
		1	2	3	4	5
1	Защищенность, баллов	1,0 (61)				
2	Все компоненты	0,807 ** (38)	1,0 (140)			
3	Макрокомпоненты	0,718 ** (61)	0,831 ** (140)	1,0 (220)		
4	Анионы	0,617 * (61)	0,605 * (140)	0,655 * (220)	1,0 (220)	
5	Катионы	0,609 * (61)	0,705 (140)	0,817 (220)	0,449 (220)	1,0 (220)

* Связь отлична от нуля (разность абсолютного значения коэффициента корреляции и утроенной ошибки больше 0)

** Связь тесная (разность абсолютного значения коэффициента корреляции и утроенной ошибки больше 0,5)

по нормальному закону. Этот факт имеет принципиальное значение, поскольку делает корректным проведение парного корреляционного анализа зависимости между показателем взаимосвязи и естественной защищенностью (в баллах), рассчитанной по методике В. М. Гольдберга.

Как видно из табл.2, наибольшие коэффициенты парной корреляции получены для следующих пар: естественная защищенность – показатель взаимосвязи, рассчитанный по всем гидрохимическим компонентам (0,81) и естественная защищенность – показатель взаимосвязи рассчитанный по макрокомпонентам (0,72). Эти коэффициенты указывают на тесную связь, приближающуюся к функциональной. Существенная корреляционная зависимость установлена для таких пар: естественная защищенность – показатель взаимосвязи, рассчитанный по анионам (0,62), и естественная защищенность – показатель взаимосвязи рассчитанный по катионам (0,61). Отсюда вытекает, что между данными парами возможно прове-

дение дискриминантного анализа (табл. 3).

Результаты дискриминантного анализа показали, что при выборе уравнения аппроксимации можно ограничиться полиномом первой степени (при аппроксимации уравнением второй степени величина «сигма» практически не изменяется).

По полученным формулам можно рассчитать защищенность подземных вод в баллах. Если учесть, что исходным материалом для расчета защищенности подземных вод является их химический состав, представляющий собой результат влияния всех факторов, определяющих защищенность на данном участке, то рассчитанная защищенность будет учитывать все эти факторы, причем в той же степени, в какой они влияют на химический состав подземных вод. Данный вывод имеет принципиальное значение, поскольку позволяет считать полученные значения не только показателем естественной защищенности, но и защищенности в целом.

Формулы для расчета защищенности подземных вод при различных сочетаниях гидрохимических компонент

№ п/п	Гидрохимические компоненты	Формулы зависимости защищенности, баллов, от показателя взаимосвязи	Сигма(σ)
1	HCO ₃ , SO ₄ , Cl, Ca, Mg, Na+K, pH, минерализация	$y = 7,3x - 0,2$	3,0
2	HCO ₃ , SO ₄ , Cl, Ca, Mg, Na+K	$y = 6,4x - 3,7$	3,7
3	HCO ₃ , SO ₄ , Cl	$y = 6,6x - 4,5$	4,2
4	Ca, Mg, Na+K	$y = 5,3x - 6,7$	4,2

Проведенные преобразования линейны, и все статистические закономерности, выявленные для показателей связи, сохраняются для найденных по ним показателей защищенности. Средние расчетные значения показателей защищенности по каждой скважине за весь период наблюдений приведены в табл. 4. Там же дана природно-ландшафтная характеристика местоположения каждой скважины, поскольку ландшафтно-индикационный метод наиболее доступен и часто применяется при оценке естественной защищенности подземных вод.

Анализ результатов. Сравним результаты, полученные по методике В.М. Гольдберга, и показатели защищенности, полученные по нашему методу, для выборки по всем гидрохимическим компонентам (как наиболее представительной по числу признаков и корреляционной связи с естественной защищенностью) и по макрокомпонентам (как более представительной по количеству скважин, временному ряду и корреляционной связи с естественной защищенностью).

Проанализировав площадные изменения видим, что исходя из особенностей перекрывающих отложений аномально высокая зона защищенности выявлена лишь для северного участка водозабора (скважины 1/4-1/6, 2/7). Показателями защищенности не только подтверждено наличие этой аномальной зоны и уточнены ее границы (скважины 1/4-1/6, 2/4-2/7, 3/9-3/12), но и выявлена еще одна аномально высокая зона защищенности – южная, занимающая середину пятого луча (скважины 5/4-5/10). Аномально низ-

кие зоны защищенности при исходном варианте соответствуют центральной и юго-западной частям изучаемой площади. При втором варианте аномально низкие зоны в целом отвечают описанной области, но значительно четче в границах: центрально-юго-западная область (скважины 3/13-3/18, 4/4-4/16, 5/11-5/15), восточная часть (скважины 2/1-2/3, 3/3-3/6), северо-западная часть (скважины 1/8-1/12, 2/9-2/13).

Временной анализ возможен только для рассчитанных по нашему методу показателей защищенности. За анализируемое время с июня 1987 г. по июль 1993 г. средние расчетные значения защищенности подземных вод снизились как в целом по всему водозабору (с 18,6 до 13,5 балла), так и по отдельным скважинам. Сезонные колебания защищенности очевидны и нашли отражение в результатах исследования. Вызваны они климатическими особенностями. Суммарная средняя защищенность по водозабору изменяется от 20,1 балла в мае 1992 г. (конец зимы – наибольшее по времени отсутствие инфильтрации), до 14,3 балла в августе того же года (конец лета – наибольшее по времени инфильтрационное питание).

По выделенным выше аномальным зонам изменения защищенности подземных вод во времени отражены в табл. 4. Средние значения защищенности подземных вод положительно аномальных участков составили: для северной зоны 19,4 балла (зона охватывает 7 эксплуатационных скважин); для южной зоны 19,2 балла (6 скважин). Средние значения защищенности подземных вод отрицательных ано-

Таблица 4

Средние значения защищенности подземных вод в аномальных зонах на различные моменты времени.

№ п/п	Зоны	Средние значения защищенности/Количества анализируемых скважин									
		07.93	05.93	08.92	05.92	06.89	06.88	04.88	10.87	06.87	В среднем
Положительно - аномальные зоны											
1	Северная	15,2/2	16,4/1	15,4/3	22,8/2	18,7/3	21,4/5	25,4/1	18,3/2	23,4/1	19,4/7
2	Южная	15,2/2	19,9/2	15,6/2	22,6/2	17,0/4	20,9/4	19,9/2	20,9/2	22,6/4	19,2/6
Отрицательно - аномальные зоны											
3	Восточная	10,6/1	10,6/1	-	16,4/2	14,2/2	-	16,7/2	14,2/2	16,4/2	14,7/4
4	Юго-западная	12,4/6	14,0/10	11,7/3	17,3/3	13,0/15	16,2/14	14,8/6	15,1/4	16,2/6	13,7/20
5	Северо-западная	13,4/3	15,5/3	11,7/2	19,5/2	12,6/8	14,0/6	16,8/5	15,1/2	17,2/4	14,6/8
Растительно-ландшафтные зоны											
1	Болото	19,3/5	20,2/5	16,3/7	23,6/5	15,3/7	20,4/8	23,4/4	18,1/3	22,3/7	18,8/14
2	Лесотундра (лиственница)	12,6/6	13,4/8	12,1/2	17,3/3	13,4/12	17,7/12	15,4/7	14,3/3	16,1/6	14,6/19
3	Лесотундра (береза)	13,1/9	13,5/13	12,7/6	19,8/4	13,2/17	15,2/14	17,0/10	14,2/6	17,8/8	15,0/19
4	Холм	-	-	-	-	19,0/2	25,4/1	-	19,6/1	-	20,8/2
5	Антропогенная	9,4/1	11,9/1	-	17,0/1	15,1/1	-	14,2/2	14,5/5	15,8/1	15,3/3

мальных участков составили: 13,7 балла для центрально-юго-западной зоны (20 эксплуатационных скважин), 14,7 балла для восточной зоны (4 скважины), 14,6 балла для северо-западной зоны (8 скважин). Защищенность подземных вод всех аномальных участков подвержена сезонным колебаниям. Положительно аномальные зоны имеют большую амплитуду сезонных колебаний (размах) – 10,2 и 7,4 балла, чем отрицательные аномалии – 4,5; 6,1; 6,8 балла.

За время наблюдений в процессе эксплуатации водозабора установлено, что защищенность подземных вод уменьшается, причем большие амплитуды снижения защищенности характерны для положительно-аномальных зон. Основная причина снижения защищенности – интенсивная эксплуатация водозабора и вызванная ею деградация мерзлоты зоны аэрации.

Связь защищенности подземных вод с растительно-ландшафтной обстановкой носит сложный характер. В табл. 4 приведена растительно-ландшафтная характеристика местоположения каждой скважины. По этому признаку были сформированы и проанализированы выборки защищенности подземных вод. Аномальные зоны, выделенные нами выше, достаточно четко коррелируют с растительно-ландшафтной обстановкой. Так, положительные аномалии защищенности (максимальная защищенность) приходятся на болота и холм.

Средняя защищенность подземных вод в зоне болот составляет 18,8 балла (в эту растительно-ландшафтную зону попало 14 эксплуатационных скважин). Объясняется это тем, что в зоне болот с поверхности развиты многолетнемерзлые отложения, являющиеся абсолютным водоупором. Большие амплитуды сезонных колебаний защищенности и ее уменьшение во времени здесь связаны с относительно небольшим их пространственным распространением, с деградацией мерзлоты и соответственным уменьшением площади болот.

Средняя защищенность в зоне холма (положительной формы рельефа с превышением 45 м) составила 20,8 балла (2 эксплуатационные скважины). Аномалия за-

щищенности подземных вод здесь связана с большей по мощности зоной аэрации и интенсивным поверхностным стоком со склонов холма поверхностных вод (потенциально инфильтрационных) на пониженные участки рельефа.

В пределах развития лесотундры отмечаются средние и низкие значения защищенности подземных вод. Разделение этой выборки по видам растительности (лиственница и береза) показало, что различий в защищенности практически нет. Принципиально важным в данном случае является отсутствие у поверхности многолетнемерзлых пород, показателем чего служит наличие древесной растительности.

В антропогенную зону фактически входит весь участок городского водозабора, поскольку фактор интенсивного водозабора является важнейшим при определении защищенности подземных вод. Антропогенным формам рельефа соответствуют участки, испытывающие двойное воздействие, – это зоны строительства (станция второго подъема, профилакторий "Газовик"). В эту зону попало всего три эксплуатационные скважины, но наблюдений по ним достаточно, чтобы утверждать, что для нее характерна минимальная защищенность подземных вод.

Выводы. Подводя итоги, можно сделать следующие выводы:

1. Предлагаемый нами метод оценки защищенности подземных вод основывается на сравнении химического состава подземных вод с химическим составом поверхностных вод, являющихся источником питания, а значит, и загрязнения подземных вод. Вместо поверхностных вод, в качестве объекта сравнения может использоваться любой гидрохимический объект, питающий (загрязняющий) подземные воды исследуемого водоносного горизонта.

2. Основные положения предлагаемого метода заключаются в следующем:

– исходным материалом является химический состав подземных и поверхностных вод. Это могут быть любые по количеству и качеству гидрохимические компоненты, оцененные как количественно, так и качественно. Особое значение на этом этапе придается выбору объекта

сравнения – поверхностным водам, которые по количественным и качественным характеристикам должны максимально отвечать источникам питания исследуемых подземных вод;

– в качестве инструмента сравнения используется формула расчета евклидова расстояния в n -мерном пространстве между гидрохимическими компонентами поверхностных и подземных вод;

– рассчитанная выборка показателей взаимосвязи между поверхностными и подземными водами эксплуатационных или наблюдательных скважин должна быть однородной и отвечать нормальному распределению;

– рассчитанный показатель взаимосвязи является функцией защищенности подземных вод. Оценив по некоторым точкам естественную защищенность другими методами (в частности, в баллах по методу В.М. Гольдберга), можно использовать эти данные как точки калибровки, для перехода от единиц показателя защищенности к баллам защищенности. В качестве метода калибровки рекомендуется использовать дискриминантный или графический метод.

3. Рассчитанная защищенность является функцией химического состава подземных вод, который служит результирующим показателем действия всех факторов защищенности, а значит, вычисленный показатель характеризует защищенность подземных вод в целом.

4. При использовании предлагаемого метода появляется возможность проследить изменение защищенности во времени. Это особенно актуально для подземных водозаборов, поскольку текущий контроль в процессе их эксплуатации позволит при первых же изменениях химического состава оценить их влияние, а значит, предотвратить загрязнение.

5. Установлена и изучена взаимосвязь растительно-ландшафтной ситуации и рассчитанной защищенности подземных вод.

Список литературы: 1. Гольдберг В.М. Природные и техногенные факторы защищенности грунтовых вод и ее оценка // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. геол. 1983. Т. 58, вып. 2. С. 103–109. 2. Девис Д.С. Статистический анализ данных в геологии: Пер. с англ. М.: Недра, 1990. 319 с. 3. Джеффферс Дж. Введение в системный анализ: применение в экологии: Пер. с англ. М.: Мир, 1981. 256 с.

Поступила в редколлегию 11.10.97

УДК 556.38

В.В. ЯКОВЛЕВ, Н.А. БЕЛОКОПЫТОВА, канд. геол.- мин наук,
И.К. РЕШЕТОВ, д-р геол.- мин наук

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ХАРЬКОВЕ

По сравнению с другими городами Украины Харьков удовлетворительно обеспечен подземными водами. В 60-х гг. для коммунальных и промышленных нужд города разведано 250 тыс. м³/сут подземных вод верхнемелового и альб-сеноманского водоносных горизонтов. Как показала практика, природная защищенность водоносного горизонта верхнемеловых отложений в условиях интенсивного техногенного воздействия города оказалась недостаточной, и к середине 80-х гг. из общего запаса разведанных вод 50 тыс. м³/сут уже не могло использоваться

для питьевых целей вследствие снижения их качества.

В настоящее время (1997) из альб-сеноманского водоносного горизонта, который значительно лучше защищен от загрязнения, отбирается около 80 тыс. м³/сут воды хорошего качества. Это составляет менее 10 % от общего водопотребления города, обеспечивающегося в основном из рр. Северский Донец и Днепр. На рис. 1 показано современное состояние сработки пьезометрических уровней в районе Харькова, Сум и Полтавы. Планируется ввод ряда скважин на

коммунальных водозаборах и на крупных предприятиях города, что позволит увеличить водоотбор, по самым оптимистическим оценкам, к 2000 г. до объема утвержденных запасов – 200 тыс. м³/сут, а к 2007 г. – до 300 тыс. м³/сут. Это составит около 20 и 30 % от всего объема водопотребления города соответственно.

Для выяснения темпов развития депрессии подземных вод в районе Харькова лабораторией УкрГИМР выполнен прогноз на базе программного обеспечения MIF – Т. Исходными данными послужили материалы Госкомгеологии Украины и гидрогеологических служб Курской и Белгородской областей России по режимным наблюдениям и контролю за использованием подземных вод.

Программная система MIF – Т – «Моделирование фильтрации подземных вод» предназначена для численного решения дифференциальных уравнений II-го порядка, описывающих стационарные и нестационарные процессы планово-пространственной фильтрации в неоднородной слоистой толще.

Ввод исходной информации производится с помощью специализированного графического редактора. Исходные массивы представляют собой аппроксимированные для каждого слоя в пределах ячеек сетки значения параметров, граничных условий и характеристики водоносных горизонтов. Программа осуществляет автоматический первичный контроль исходных данных.

В модели учитывались: структура водосодержащей толщи, фильтрационная неоднородность пород, взаимосвязь поверхностных и подземных вод, инфильтрационное питание за счет атмосферных осадков и техногенных утечек и его изменение во времени, водоотбор подземных вод, изменение граничных условий, переход напорного режима в безнапорный и др.

Северная граница модели совпадает с водоразделом бассейнов рр. Дон и Волга (совпадает с подземным водоразделом). На юге и востоке граница проведена по каскаду водохранилищ р. Днепр, по р. Днепр и по контуру выхода верхнеюрских отложений под покров четвертичных осадков. На западе граница при-

нята по линии тока, проходящей западнее гг. Шостка, Нежин, Переяслав-Хмельницкий. На модели воспроизводились водоносные горизонты, приуроченные к разрезу от четвертичных до верхнеюрских отложений. Эти пять горизонтов разделены четырьмя слабопроницаемыми (водоупорными) слоями.

Программа MIF позволяет использовать при решении задач метод суперпозиции. Результирующие решения выводятся в понижениях.

Калибровка модели осуществлялась при решении задач методом суперпозиции в такой последовательности:

- решалась стационарная задача воспроизведения гидродинамической структуры потока подземных вод в течение 1975 года. Анализ режима подземных вод показал, что водоотбор подземных вод до 1975 г. является обеспеченным в пределах изучаемой территории, а режим – квазистационарным;

- решалась обратная нестационарная задача воспроизведения среднегодовых уровней в условиях эксплуатации всех действующих водозаборов на период 1975 – 1996 годов. Водоотбор задавался в соответствии с его фактическими изменениями за этот период.

На откалиброванной модели решали следующие прогнозные гидродинамические задачи:

- с водоотбором в пределах Харькова из водоносного горизонта альб-сеноманских отложений 100 – 200 тыс. м³/сут на период 1997 – 2007 годов.

- с наращиванием водоотбора из горизонта альб-сеноманских отложений до 300 тыс. м³/сут в пределах Харькова на период 2007 – 2047 годов.

- с водоотбором в пределах Харькова из водоносного горизонта альб-сеноманских отложений 16 тыс. м³/сут на период 1997 – 2047 годов.

Во всех трех случаях водоотбор из смежных горизонтов оставался без изменений.

Результаты решения прогнозных задач для указанных выше вариантов представлены на рис. 2 – 7.

Прогноз показал, что при варианте прогрессирующего увеличения водоотбо-

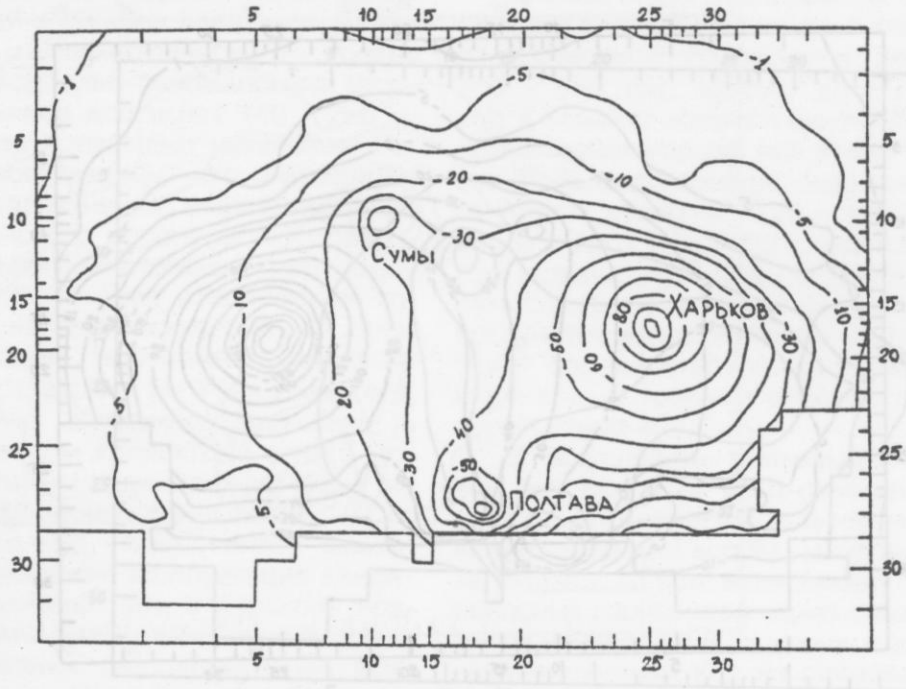


Рис. 1. Понижения пьезометрического уровня водоносного горизонта альб-сеноманских отложений на 01.01.97 в районе Харькова, Сум и Полтавы

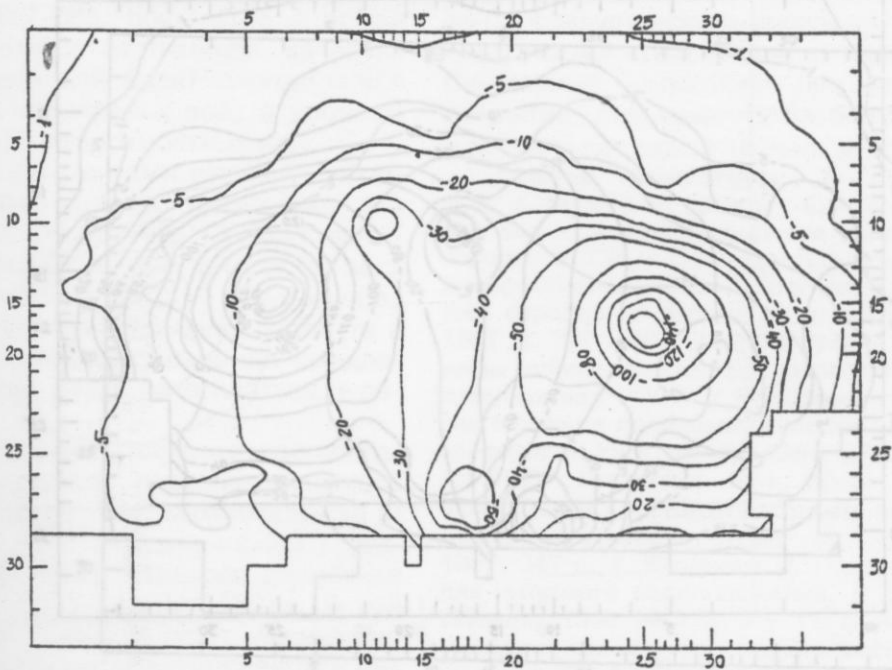


Рис. 2. То же на 2007 г. в Харькове при возрастании водоотбора от 100 (1997 г.) до 300 тыс. м³/сут (2007 г.)

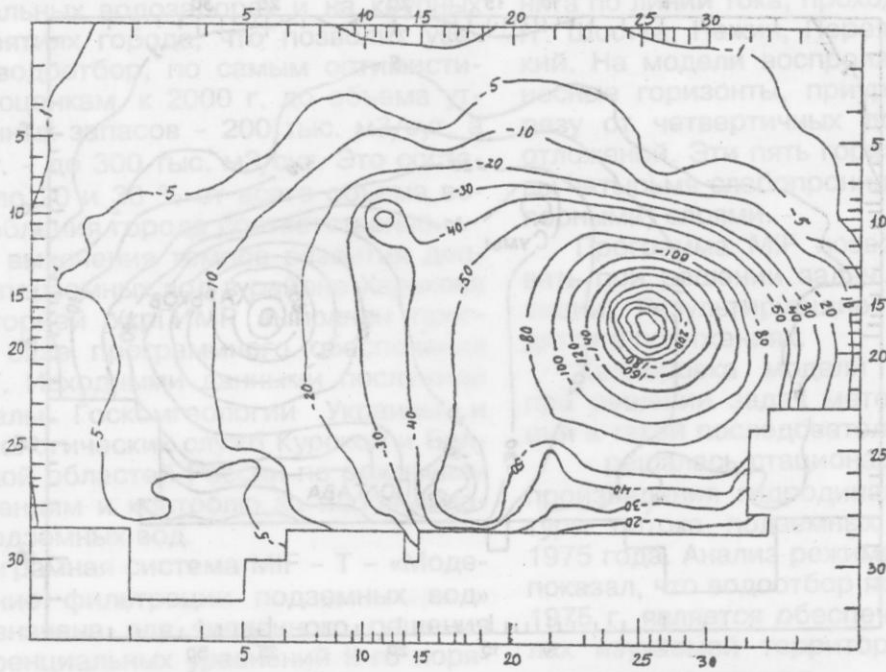


Рис. 3. Понижения пьезометрического уровня водоносного горизонта аль-сеноманских отложений в Харькове на 2022 г. при возрастании водоотбора от 100 (1997 г.) до 300 тыс. м³/сут (2007 г.)

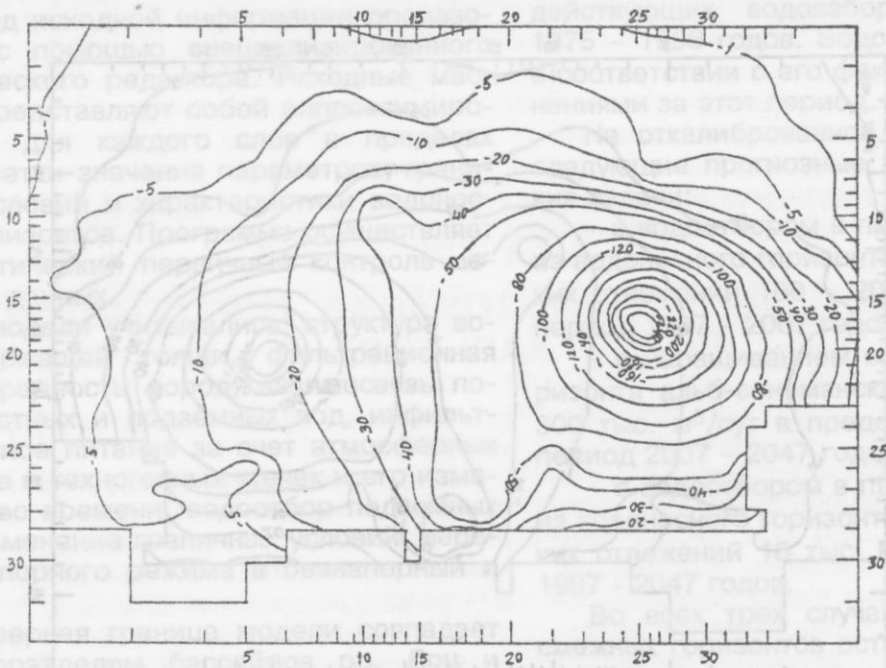


Рис. 4. То же на 2047 г. при таком же возрастании водоотбора

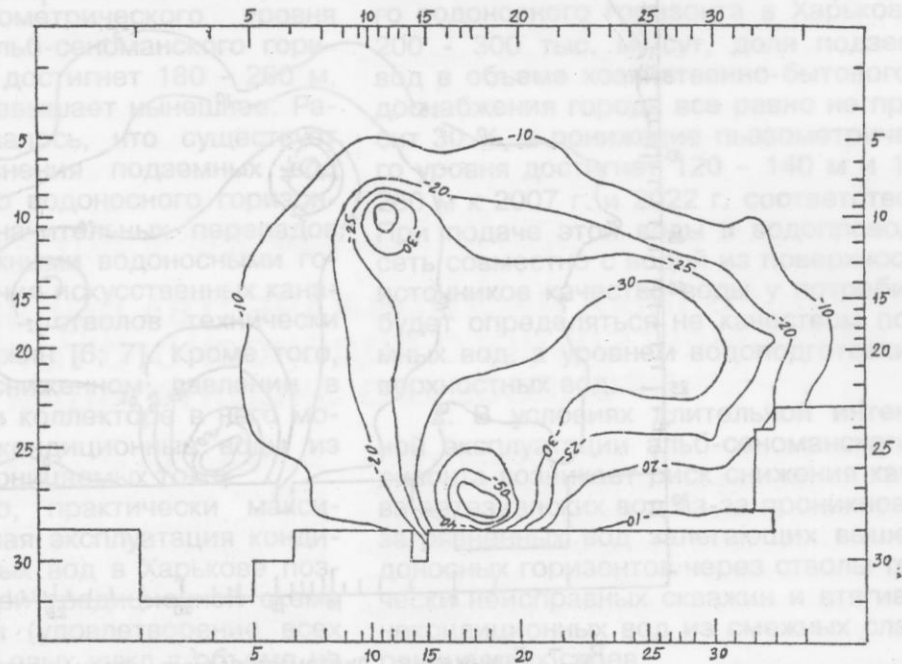


Рис.5. Понижения пьезометрического уровня водоносного горизонта альб-сеноманских отложений в Харькове на 2007 г. при сокращении с 1997 г. водоотбора до 16 тыс. м³/сут

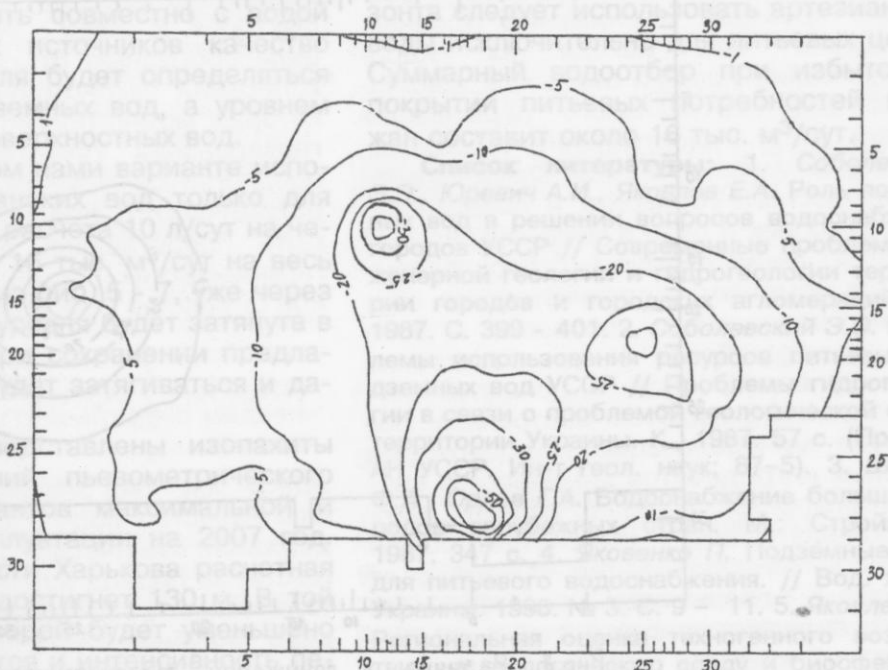


Рис.6. То же на 2022 г. при таком же сокращении водоотбора

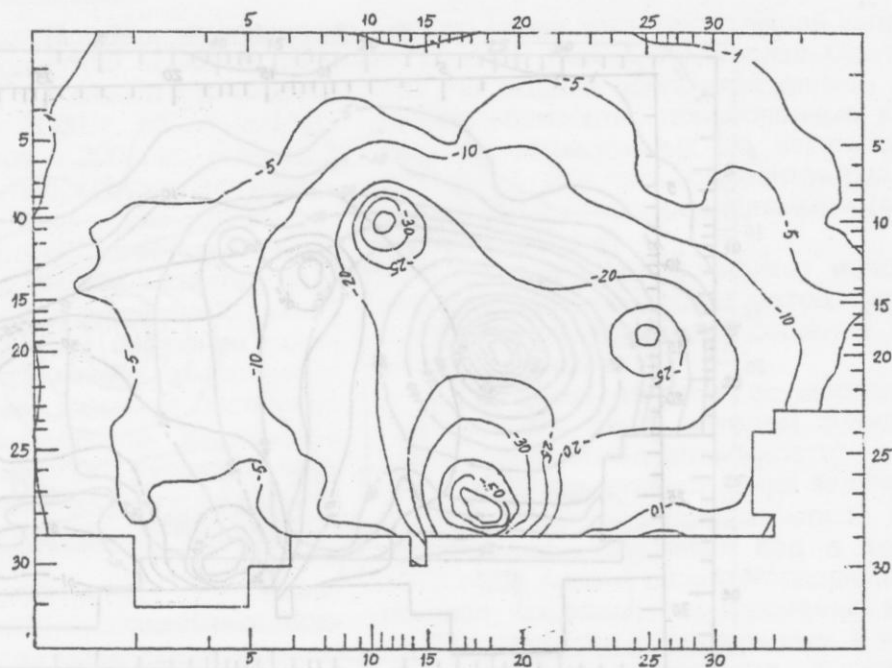


Рис.7. Понижения пьезометрического уровня водоносного горизонта альб-сеноманских отложений в Харькове на 2047 г. при сокращении с 1997 г. водоотбора до 16 тыс. м³/сут

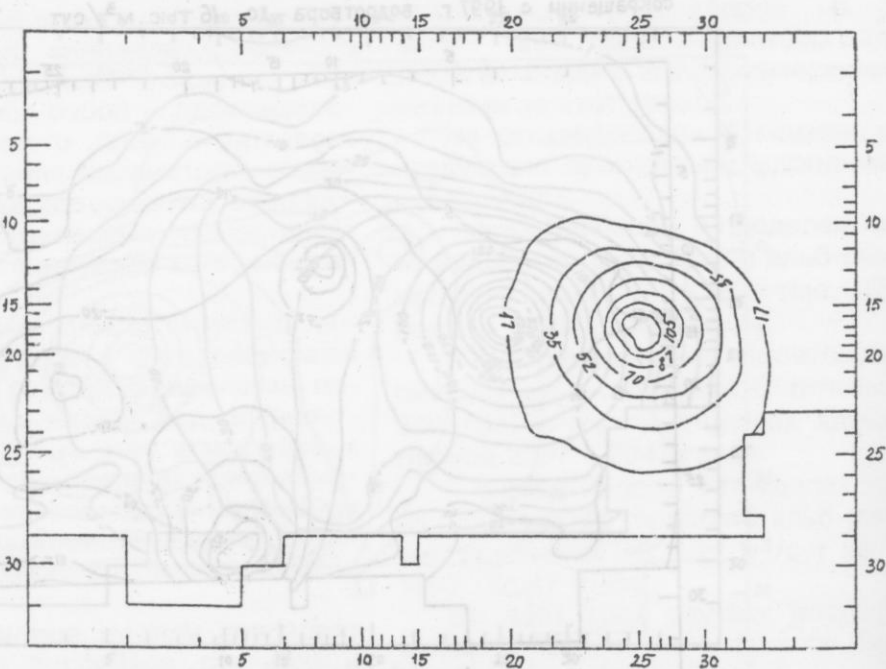


Рис.8. Разница в понижении пьезометрического уровня альб-сеноманского водоносного горизонта в Харькове на 2007 г. для вариантов с водоотбором 16 тыс. м³/сут и 100 ÷ 300 тыс. м³/сут

ра на уровне имеющихся технических возможностей к 20-м гг. следующего века понижение пьезометрического уровня подземных вод альб-сеноманского горизонта в Харькове достигнет 180 - 260 м, что в 2,3 раза превышает нынешнее. Ранее нами указывалось, что существует опасность загрязнения подземных вод альб-сеноманского водоносного горизонта в условиях значительных перепадов давлений со смежными водоносными горизонтами и наличия искусственных каналов перетекания - стволов технически неисправных скважин [6; 7]. Кроме того, при постоянно сниженном давлении в альб-сеноманском коллекторе в него могут поступать некондиционные воды из смежных слабопроницаемых толщ.

Следовательно, практически максимально интенсивная эксплуатация кондиционных подземных вод в Харькове позволит получить при традиционной схеме их использования (удовлетворение всех хозяйственно-питьевых нужд в объеме не менее 400 м³/сут на человека) не более 30 % объема, требуемого для населения, и при этом возникнет значительный риск их загрязнения. При подаче такой воды в водопроводную сеть совместно с водой из поверхностных источников качество воды у потребителя будет определяться не качеством подземных вод, а уровнем водоподготовки поверхностных вод.

В предлагаемом нами варианте использования артезианских вод только для питьевых нужд (из расчета 10 л/сут на человека, или около 16 тыс. м³/сут на весь город), как видно из рис. 5 - 7, уже через 10 лет депрессия уровня будет затянута в 2,3 - 2,5 раза и при сохранении предлагаемого режима будет затягиваться и далее.

На рис. 8 представлены изопахиты разницы понижений пьезометрического уровня для вариантов максимальной и минимальной эксплуатации на 2007 год. В центральной части Харькова расчетная разница уровней достигнет 130 м. В той же степени, в которой будет уменьшено понижение, снизится и интенсивность перетоков и подтягивания некондиционных вод.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Если будут реализованы планы увеличения водоотбора из альб-сеноманского водоносного горизонта в Харькове до 200 - 300 тыс. м³/сут, доля подземных вод в объеме хозяйственно-бытового водоснабжения города все равно не превысит 30 %, а понижение пьезометрического уровня достигнет 120 - 140 м и 180 - 260 м к 2007 г. и 2022 г. соответственно. При подаче этой воды в водопроводную сеть совместно с водой из поверхностных источников качество воды у потребителя будет определяться не качеством подземных вод, а уровнем водоподготовки поверхностных вод.

2. В условиях длительной интенсивной эксплуатации альб-сеноманского горизонта возникает риск снижения качества артезианских вод из-за проникновения загрязненных вод залегающих выше водоносных горизонтов через стволы технически неисправных скважин и втягивания некондиционных вод из смежных слабопроницаемых слоев.

3. Для повышения качества воды, употребляемой для питьевых целей населением Харькова, и сохранения запасов уникальных вод альб-сеноманского горизонта следует использовать артезианские воды исключительно для питьевых целей. Суммарный водоотбор при избыточном покрытии питьевых потребностей города составит около 16 тыс. м³/сут.

Список литературы: 1. *Соболевский Э.Э., Юревич А.И., Яковлев Е.А.* Роль подземных вод в решении вопросов водоснабжения городов УССР // *Современные проблемы инженерной геологии и гидрогеологии территории городов и городских агломераций.* М., 1987. С. 399 - 401. 2. *Соболевский Э.Э.* Проблемы использования ресурсов питьевых подземных вод УССР // *Проблемы гидрогеологии в связи с проблемой геологической среды территории Украины.* К., 1987. 57 с. (Препр. / АН УССР. Ин-т геол. наук; 87-5). 3. *Шевцов Ф.А., Орлов Г.А.* Водоснабжение больших городов зарубежных стран. М.: Стройиздат, 1987. 347 с. 4. *Яковенко П.* Подземные воды для питьевого водоснабжения. // *Вод. хоз-во Украины.* 1996. № 3. С. 9 - 11. 5. *Яковлев Е.А.* Региональная оценка техногенного воздействия на геологическую среду и биосферу Украины // *Современные проблемы экологического состояния геологической среды Украины.* К., 1995. С. 5 - 7. 6. *Яковлев В.В., Ибрагимов Р.Б.* Улучшение качества питьевого водоснабжения

на Украине // Третье тысячелетие: гармония природы и человека: Тез. докл. Чугуев, 1996. – С. 82 – 83. 7. Яковлев В.В. Повышение качества и надежности питьевого водоснабжения городов Украины // Тезисы докладов конферен-

ции "Спектральные методы анализа. Техника и практика" // Ялта – 1995.

Поступила в редколлегию 10.09.97

УДК 556. 314.

И.К. РЕШЕТОВ, д-р геол.-мин. наук, Д.Ф. ЧОМКО, Р.Ф. ЧОМКО

ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД МЕЛО-МЕРГЕЛЬНОГО ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТА В ПРОЦЕССЕ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ

Мело-мергельный водоносный горизонт, приуроченный к долине р. Северский Донец, относится к малым артезианским бассейнам и Днепровско-Донецкому артезианскому бассейну [1]. Горизонт интенсивно эксплуатируется как одиночными, так и групповыми водозаборами на всем протяжении.

Важным фактором, влияющим на изменение качества подземных вод мело-мергельного водоносного горизонта, является интенсивный водоотбор. Последний приводит к снижению уровней, вследствие чего исходя из гидродинамических условий создается предпосылка для вертикального перетекания (сверху вниз) и поступления загрязняющих вод из лежащего выше аллювиального водоносного горизонта и поверхностных вод из рек и озер в мело-мергельный горизонт. Таким образом, отбор подземных вод изменяет гидрохимическую обстановку водоносного горизонта в зоне влияния водозаборов и непосредственно на самих водозаборах. В процессе эксплуатации наблюдается постоянное повышение минерализации и содержания основных ингредиентов химического состава (сульфатов, хлоридов, кальция, магния, железа и т. д.), воз-растает общая жесткость. Минерализации по некоторым скважинам повысилась на 259–728 мг/дм³, содержание сульфатов – на 98–479 мг/дм³, кальция – на 79–188 мг/дм³, железа – на 3,5–5,4 мг/дм³. Прогноз изменения качества воды мело-мергельного водоносного горизонта в процессе его

эксплуатации является важнейшей частью оценки эксплуатационных ресурсов пресных подземных вод. Нами сделана попытка разработать методику долгосрочного прогнозирования изменения качества подземных вод в процессе эксплуатации.

Долгосрочные (на один год и более) прогнозы качества подземных вод составлены на основе изучения закономерностей его колебаний в прошлом, которые в общем виде отражают воздействие на режим вод основных режимообразующих факторов. В связи с этим представляется целесообразным отыскать в рядах таких колебаний закономерные составляющие, которые можно прогнозировать. Для прогнозирования качества подземных вод предлагается стохастическая модель гидрохимического процесса, которая может быть представлена суммой нескольких гармонических составляющих, осложненной случайной компонентой:

$$X_{(t)} = A_0 + \sum_{n=1}^k A_n \cos\left(\frac{2\pi}{T_n} t - \varphi_n\right) + b_{(t)}. \quad (1)$$

Здесь $X_{(t)}$ – ряд значений, характеризующих качество воды (минерализация, содержание химических элементов или веществ) за период наблюдения T в моменты времени t ; A_0 – соответствующее среднее значение этого показателя за период T ; k – число выделенных периодических составляющих; A_n , T_n – амплитуда и периоды составляющих; φ_n – начальные фазы гармоник (угловая величина, харак-

теризующая их значения в начале наблюдений); $b_{(t)}$ – случайный компонент.

Эта модель реализована на ПК. Информация дается в виде дискретных результатов гидрохимических наблюдений, например, определяются суточные, среднемесячные или среднегодовые величины минерализации, любого химического элемента или вещества. Для этого ряда вычисляется нормированная корреляционная функция по формуле:

$$R(\tau) = \frac{\sum_{t=0}^{n-\tau} [X_{(t)} - \bar{X}] * [X_{(t+\tau)} - \bar{X}]}{\sqrt{\sum_{t=0}^{n-\tau} [X_{(t)} - \bar{X}]^2 * \sum_{t=0}^{n-\tau} [X_{(t+\tau)} - \bar{X}]^2}}$$

где $R(\tau)$ – коэффициент корреляции при сдвиге времени, равном τ ;

$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{t=0}^n X_{(t)}$ – математическое ожидание исходного ряда; n – число элементов ряда.

Имеется две альтернативные гипотезы:

1. Исследуемый процесс является случайным (содержит только компоненту $b_{(t)}$), т. е. определяется действием разнообразных факторов, не поддающихся в настоящее время аналитическому учету, и подчиняется нормальному закону распределения. Для такого процесса характерна быстро убывающая нормированная корреляционная функция.

2. Исследуемый процесс помимо случайной компоненты содержит одну или несколько периодических составляющих. Нормированная корреляционная функция такого ряда убывает значительно медленнее, чем при первой гипотезе, и обязательно включает гармонические компоненты с тем или иным временем корреляции.

При первой гипотезе исходный ряд наблюдений не содержит закономерных составляющих, т. е. определяется случайной компонентой, при второй – в исходном ряду имеются закономерные составляющие, которые можно экстраполировать на будущее.

Вторая гипотеза позволяет преобразовать ряд с целью определить все $3k+1$

параметров, входящих в формулу (1). Если предположить, что среднее значение случайной компоненты $b_{(t)} = 0$, т. е.

$$\bar{b} = \frac{1}{n} \sum_{t=0}^n b_{(t)} = 0, \text{ ее дисперсия равна } \sigma^2 b_t$$

$\sigma^2 b_t$ и при каждом фиксированном времени t отклонение $b_{(t)}$ подчинены одному и тому же нормальному закону распределения, то величина A_0 в формуле (1) находится из условия существования минимума величины ε :

$$\varepsilon = \left[X_{(t)} - A_0 - \sum_{n=1}^k A_n \cos \left(\frac{2\pi}{T_n} t - \varphi_n \right) \right]^2 \quad (3)$$

Если продифференцировать выражение (3) и приравнять его к нулю при найденных параметрах A_0 и T_1 то можно составить систему линейных уравнений для определения параметров A_1 и φ_1 .

Так, используя известные тригонометрические соотношения:

$$A_1 \cos \left(\frac{2\pi}{T_1} - \varphi_1 \right) = d_1 \cos \frac{2\pi}{T_1} + c_1 \cos \frac{2\pi}{T_1};$$

где $A_1 = \sqrt{d_1^2 + c_1^2}$, и $\text{tg} \varphi = \frac{c_1}{d_1}$, для

подстановки в формулу (3) и продифференцировав по c_1 и d_1 получим:

$$\begin{aligned} -\frac{1}{2} \frac{\partial E}{\partial c_1} &= \sum_{t=0}^n X_{(t)}^* - d_1 \cos \frac{2\pi}{T_1} t \\ -\frac{1}{2} \frac{\partial E}{\partial d_1} &= \sum_{t=0}^n X_{(t)}^* - d_1 \cos \frac{2\pi}{T_1} t \end{aligned} \quad (4)$$

Здесь $X^* = X_t - A_0$.

Приравняв левые части, легко определить c_1 и d_1 , а следовательно, A_1 и φ_1 . Определив все параметры первой периодической составляющей, ПК формирует по ним периодическую составляющую и вычитает ее из исходного ряда.

Остаток анализируется по описанному алгоритму при фиксированном определенном члене A_0 , что позволяет определить параметры следующей гармонической

кой составляющей. Это повторяется до тех пор пока из исходного ряда $X(t)$ не будут исключены все содержащиеся в нем периодические составляющие, о чем свидетельствует определенный вид нормированной корреляционной функции, вычисляемой каждый раз по соответствующему остатку.

При фиксированном значении A_0 возможно построение периодограммы с координатами ε и T_n . На присутствие какой-либо периодической составляющей указывает как минимум величины ε при соответствующем T_n . При этом чем меньше величина ε , тем больше амплитуда периодической составляющей. Анализ периодограммы позволяет судить о частотной структуре исследуемого гидрохимического процесса $X(t)$, т.е. определить число содержащихся в нем периодических составляющих и оценить их амплитуды. Каждая выделенная гармоника описывается аналитическим выражением вида

$$X(t) = A_0 + A_n * \cos\left(\frac{2\pi}{T_n} t - \varphi_n\right) \quad (5)$$

Подставив в эти выражения соответствующие значения времени t , можно получить прогноз периодических составляющих. Прогноз случайной компоненты $b(t)$ весьма затруднителен. Она характе-

ризуется стандартным отклонением σ , а соответствующие трехсигмовые пределы с вероятностью 99,9 % указывают пределы изменений параметров, характеризующих качество воды.

Эффективность предлагаемой методики оценивается по значению соотношения S/σ , где S - стандартная погрешность ряда наблюдений. Используются формулы:

$$S = \sqrt{\frac{\sum [X(t) - X_i']^2}{n}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum [X(t) - \bar{X}]^2}{n}}$$

где X_i - фактическое значение параметра, характеризующего качество воды; X_i' - соответствующее расчетное значение этого параметра, \bar{X} - среднеарифметическое ряда наблюдений; n - число ряда наблюдений. Методика прогнозирования считается удовлетворительной, если $S/\sigma = 0,4 \div 0,8$ и хорошей, если $S/\sigma < 0,4$

Предлагаемая методика опробована на данных об изменении минерализации на Щуровском водозаборе (скважина N 13) и Маякском водозаборе (скважина N 9). Использовались данные по химическому режиму (минерализации) этих

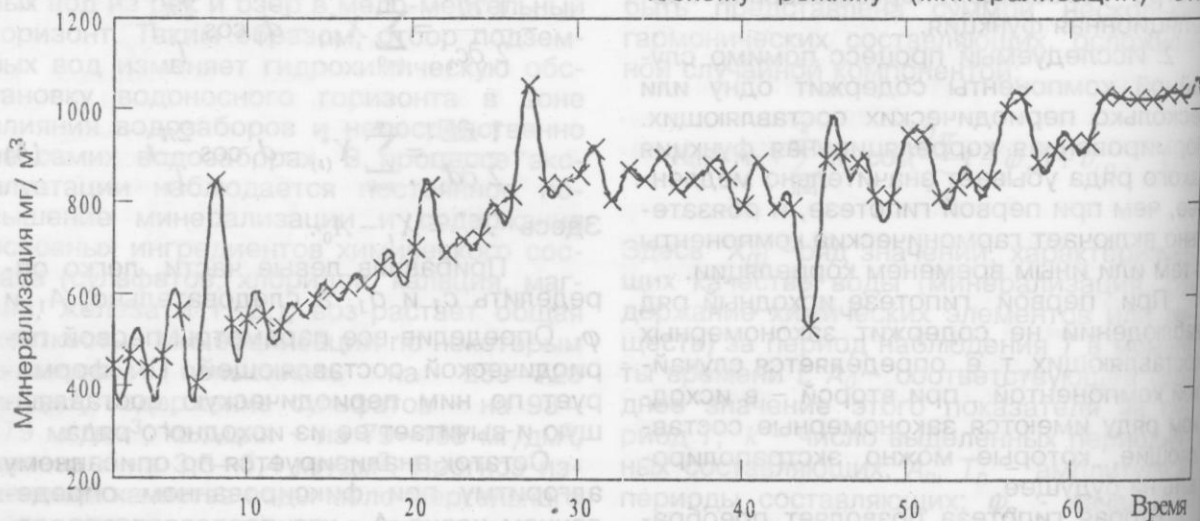


Рис. 1

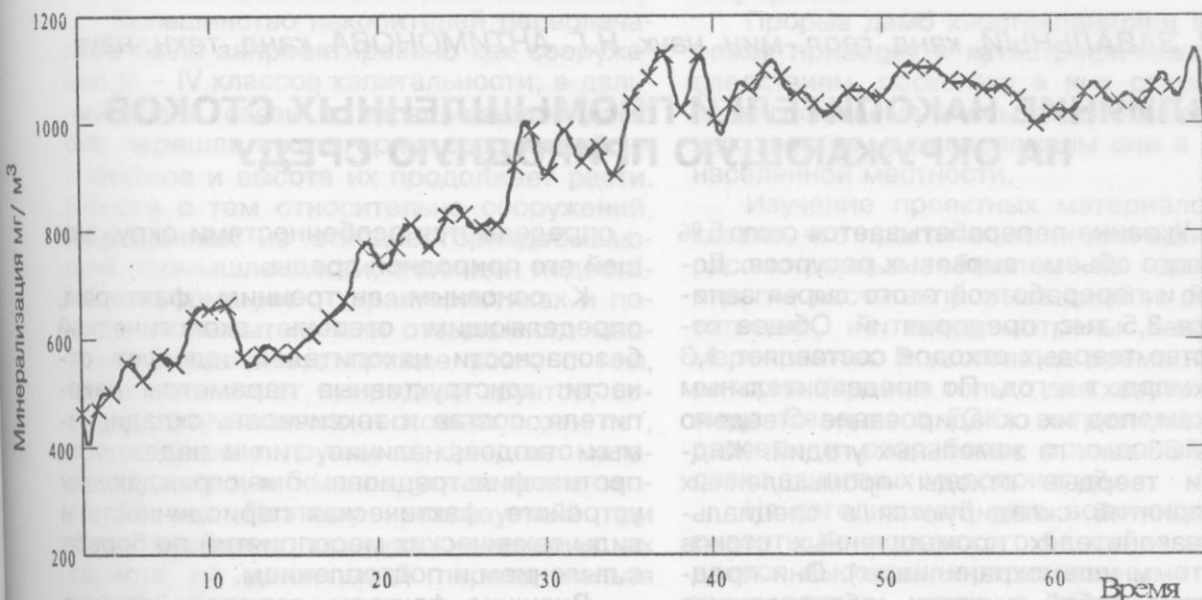


рис 2

Анализируя рис. 1, 2, где сплошной линией показан экстраполяционный полином, приходим к выводу, что в 1989 г. минерализация подземных вод в этих скважинах продолжала расти, а затем незначительно снизилась, оставшись выше 1000 мг/дм³.

Таким образом, если исходный ряд колебаний минерализации раскладывается на периодические составляющие полностью или с небольшим по амплитуде остатком, то прогнозирование не представляет значительных трудностей. Если же после выделения составляющих остается случайная компонента со значительной амплитудой, то можно составить прогноз общей направленности процесса (многолетнее снижение или повышение минерализации подземных вод).

Предлагаемая методика в дальнейшем будет совершенствоваться и применяться также для прогнозирования содержания любого химического элемента или загрязняющего вещества.

Список литературы: 1. Серебрянников М.Г., Первозванский А.Н. Выявление скрытых периодичностей. М.: Наука, 1965. 2. Ковалевский В.С., Гольдберг В.М. Прогнозы изменения ресурсов химического состава подземных вод // Материалы 27-го геол. съезда. М., 1984. С.29 - 35. 3. Малые артезианские бассейны северо-западного Донбасса / Ю.С. Бут, И.К. Решетов, Н.И. Дробноход и др. К.: 1987. 200 с. 4. Дворовенко В.П., Решетов И.К., Фаловский АА. Влияние техногенных факторов на гидрохимический режим подземных вод Придонцовья // Вестн. Харьк. ун-та. 1994 № 380. Геол. и нар. хоз-во С. 63 - 69., 5. Решетов И.К., Чомко Д.Ф. Миграция химических элементов в процессе эксплуатации водозаборов Придонцовья // Меж-дунар. симп. по прикладной геохимии стран СНГ: М., 1997. С. 184 - 185. 6. Решетов И.К. Гидрогеологическое прогнозирование формирования пресных вод в малых артезианских бассейнах северо-западного Донбасса в условиях техногенеза: Автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук. Х., 1996. 30 с.

Поступила в редколлегию 10.10.97

А.П. ЗАВАЛЬНЫЙ, канд. геол.-мин. наук, Н.Г. АНТИМОНОВА, канд. техн. наук

ВЛИЯНИЕ НАКОПИТЕЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОКОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ ПРИРОДНУЮ СРЕДУ

В Украине перерабатывается около 5 % мирового объема сырьевых ресурсов. Добычей и переработкой этого сырья занимается 3,5 тыс. предприятий. Общее количество твердых отходов составляет 1,3 – 1,5 млрд. т в год. По предварительным оценкам, под их складирование отведено более 53 тыс. га земельных угодий. Жидкие и твердые отходы промышленных предприятий складировались в специальных накопителях промышленных стоков (хвосто- и шламохранилищах). Они представляют собой емкости, образованные на поверхности земли ограждающими плотинами и дамбами. Высота ограждающих сооружений современных накопителей доходит до 100 м, а объем – до нескольких сотен миллионов кубических метров. Состав содержимого накопителей довольно разнообразен, а многие его компоненты токсичны.

Значительная часть накопителей промышленных стоков (промстоков) была построена десятки лет назад, когда в полном объеме не учитывалось их негативное воздействие на окружающую природную среду, и поэтому не предусматривались специальные природоохранные мероприятия. Накопители промстоков загрязняют поверхностные воды (периодические и аварийные сбросы), подземные воды (фильтрация через ложе и борта накопителей), подтапливают низменные участки прилегающей территории, загрязняют воздух (пыление обезвоженных поверхностей) и могут вызвать затопление и разрушение на значительной территории (прорыв дамб).

Вид и интенсивность того или иного негативного воздействия накопителей на природную среду определяется рядом факторов, которые можно условно разделить на внутренние и внешние.

Внутренние факторы обусловлены параметрами самого накопителя, а внешние

– определяются особенностями окружающей его природной среды.

К основным внутренним факторам, определяющим степень экологической безопасности накопителей, следует отнести: конструктивные параметры накопителя, состав и токсичность складированных отходов, наличие, тип и надежность противофильтрационных и ограждающих устройств, фактическая периодичность и виды технических мероприятий по борьбе с пылением и подтоплением.

Внешние факторы, взаимодействуя с внутренними или действуя самостоятельно, могут способствовать или, наоборот, препятствовать миграции загрязнений из накопителя. Влияния внешних факторов в отличие от внутренних зачастую избежать невозможно, хотя неблагоприятное воздействие некоторых из них в ряде случаев поддается корректировке на стадии выбора площадки под строительство.

Практически всегда известный и учитываемый при проектировании фактор – инженерно-геологическое строение основания накопителя – определяет возможность и интенсивность проникновения жидких загрязнений в подземные воды. Опасность подтопления прилегающей к накопителю территории обуславливается рельефом местности и ее геологическим строением.

Рельеф местности определяет последствия прорыва дамб накопителя: в зависимости от него эти последствия могут носить как катастрофический, так и сравнительно безопасный характер.

Рельеф местности может также сказаться на склонности накопителя к пылению. Например, в случае расположения накопителя в горной местности, в зоне так называемой ветровой тени, опасность его пыления снижается. И наоборот, на равнинной местности, где ветер может набирать разгон, даже на поверхности почвы наблюдаются пыльные бури, а вы-

сокие обезвоженные накопители становятся постоянными источниками пыления.

Большинство накопителей первоначально было запроектировано как сооружения III – IV классов капитальности; в дальнейшем в связи с наращиванием дамб они перешли в категорию сооружений I – II классов и высота их продолжает расти. Вместе с тем относительно сооружений, возведенных из отходов горнодобывающей промышленности, очевиден недостаток информации о характеристиках и поведении намытого или отсыпанного массива. Связано это прежде всего с тем, что в отличие от природных грунтов, серьезно изучавшихся несколько сотен лет, искусственные грунты в качестве материала тела дамб исследуются всего около 30 лет. Поэтому используемый при проектировании прогноз изменения их свойств на длительный период нельзя считать абсолютно надежным.

Наибольшей техногенной нагрузке на территории Украины подвержены Донбасский и Криворожский регионы. Однако по размерам накопителей Кривбасс занимает первое место не только по Украине, но и по СНГ.

Исходя из результатов исследований, нами неоднократно подчеркивалась необходимость пристального внимания к высоким ограждающим сооружениям хвостохранилищ Криворожских горно-обогатительных комбинатов (ГОКов) и предлагалось считать некоторые из них (в частности, хвостохранилище Северного ГОКа) сооружениями особого (выше I) класса капитальности со всеми вытекающими отсюда ужесточениями технических требований. Здесь следует напомнить, что ограждающие сооружения всех хвостохранилищ Криворожья запроектированы в соответствии с требованиями нормативов, разработанных на основе опыта эксплуатации плотин из природных грунтов. Впервые создаваемый в ГосНИИ УкрВОД-ГЕО нормативный документ – СНиП «Хвостохранилища и шламонакопители» позволит учесть свойства искусственных грунтов. При этом не исключено, что существующие проекты будут нуждаться в корректировке. Фактическая устойчивость уже действующих сооружений может быть ниже расчетной, что в экстрема-

льной ситуации чревато их разрушением и прорывом.

Прорыв дамб хвостохранилищ Криворожья приведет к катастрофическим последствиям, поскольку в них сосредоточены громадные массы воды и разжиженных хвостов, а расположены они в густонаселенной местности.

Изучение проектных материалов показало, что практически ни для одного из рассмотренных объектов не делались строгие расчеты прорыва дамб и, соответственно, не предусмотрены защитные мероприятия. В настоящее время на территории Украины только для хвостохранилища Северного ГОКа выполнены такие расчеты и разработан примерный комплекс защитных мероприятий.

На сегодняшний день водоносные горизонты Криворожского бассейна загрязняются высокоминерализованными шахтными водами, которые сбрасываются в накопители промстоков. Кроме того, в водоносные горизонты поступают инфильтраты с территорий промышленных предприятий и накопителей твердых и жидких отходов, содержащие хлориды, сульфаты, нефтепродукты, соединения азота и тяжелых металлов.

Рассмотрим несколько примеров функционирования накопителей, расположенных в бассейне р. Ингулец.

В Северном горнорудном районе действуют Северный и Центральный ГОКи с весьма сложной системой хвостового хозяйства. На Северном ГОКе для складирования отходов производства построено хвостохранилище, основанием которого служат песок сарматского водоносного горизонта и породы кристаллического массива. Хвостохранилище не имеет противофильтрационной защиты, а для сбора и отвода фильтрационного потока через ограждающие сооружения и их основание предусмотрены внутренний дренаж и канал глубиной 3–5 м, расположенный за подошвой низового откоса дамб в суглинках. Потери на фильтрацию из хвостохранилища в водоносный горизонт составляют несколько миллионов кубических метров в год. При этом следует учесть, что в хвостохранилище попадают и высокоминерализованные шахтные воды, что повышает общую минерализацию воды в

накопителе и, следовательно, воды, проникающей из него в р. Саксагань, с 0,7 до 4,0 г/л и более.

Хвостохранилище Центрального ГОКа расположено в балках Большая и Малая Лозоватка. Плотина возводилась очередями. На западе, северо-западе она сооружена из суглинка; на юге, юго-востоке и востоке к телу плотины примыкают отвалы горных пород. В нижней части ложа хвостохранилища пески сарматского водоносного горизонта выходят на дневную поверхность. Здесь образовалась прямая связь содержимого накопителя с подземными водами, поскольку хвостохранилище выполнено без противифльтрационного экрана и какие-либо мероприятия, обеспечивающие защиту сарматского водоносного горизонта, не предусматривались.

Потери из хвостохранилища технических вод на фильтрацию составляют более 8 тыс. м³/сут, в том числе в Карачуновское водохранилище – более 3 тыс. м³/сут. Качество воды в водохранилище при этом ухудшается, минерализация превышает допустимые для питьевого водоснабжения концентрации в 1,5–2,0 раза.

В бассейне р. Ингулец расположены и накопители для хвостов обогащения железной руды Южного, Новокриворожского и Ингулецкого ГОКов. Различные по площади (от 200 до 1800 га) и объему (от 50 до 300 млн м³), они имеют общие недостатки: спроектированные дренажные системы обеспечивают безопасность эксплуатации лишь подпорных сооружений (дамб и плотин), причем только для первоначально намеченного уровня заполнения накопителей. Не учитывалась возможность развития подпора, подтопления и загрязнения подземных вод на прилегающей территории шириной в сотни метров. Не были предусмотрены противифльтрационные мероприятия даже в тех накопителях, где водопроницаемые породы (пески, трещиноватые и выветрелые кристаллические породы) выходили на дневную поверхность в чашу накопителя и становились каналом для поступления загрязненного фильтрационного потока к водоносным горизонтам питьевого водоснабжения.

Таким образом, в нижнем течении р. Днепр, в бассейнах рр. Саксагань, Базавлук, Ингулец, Токмаковка, где расположены предприятия горнодобывающей промышленности и большое количество сопутствующих хвостохранилищ, шламонакопителей, прудов-отстойников, золо- и шламонакопителей, возникли условия для формирования целого региона загрязненных токсичными и высокоминерализованными стоками грунтов, грунтовых и поверхностных вод. Процессы загрязнения распространились на обширные районы в аллювиальных горизонтах пойм рек – притоков р. Днепра и водохранилищ.

Борьба с пылением на хвостохранилищах не ведется. В проектах иногда упоминаются некоторые мероприятия, но на практике они не реализованы. Например, на хвостохранилище Северного ГОКа предполагалось покрыть пылящие участки битумной эмульсией, на хвостохранилище Центрального ГОКа – увлажнить пляжи оросительной установкой типа «Волжанка». Но проекта реагентного хозяйства не существует, необходимое оборудование не приобреталось.

Единственным объектом в Украине, на котором широко проводились мероприятия по борьбе с пылением, является хвостохранилище Полтавского ГОКа (его III отсек). Здесь запроектирована и устроена гидрозавеса с наветренной стороны от жилмассива. Однако эффективность ее работы оказалась низкой, т.е. не обеспечивалось разбрызгивание воды на расстояние, требуемое для создания расчетного водяного факела. Тем не менее, когда водопроводная система включалась с упреждением до начала пыльной бури, поверхность намытых хвостов успевала увлажниться и не пылила.

Кроме того, для некоторых хвостохранилищ не были разработаны меры по их консервации, без выполнения которых хранилища будут являться источником загрязнения окружающей среды и после прекращения их эксплуатации.

Таким образом, на накопителях пристоков необходимо срочно реализовать природоохранные мероприятия. Основными из них представляются следующие:

1. Уменьшение объемов жидкостей, сбрасываемых в накопители, в том числе за счет сгущения пульпы.

2. Устранение фильтрационных потерь из накопителей путем организации противофильтрационных и дренажных мероприятий.

3. Организация специальных опытных работ по выбору и отработке наиболее эффективного метода борьбы с пылением пляжей хвостохранилищ.

4. Проведение гидравлических расчетов аварийного прорыва дамб для всех эксплуатируемых накопителей. Исходя из результатов – проектирование защитных сооружений.

5. Внедрение на накопителях системы быстрого реагирования на аварию, разработанной в ГосНИИ УкрВОДГЕО. Эта система позволит прекратить начавшееся разрушение дамб.

6. Организация систем мониторинга состояния природной среды в районах накопителей промстоков. Основной задачей наблюдений должен стать контроль

за качеством и режимом подземных вод, а также за состоянием воздушного бассейна.

В настоящее время ГосНИИ УкрВОДГЕО по заданию Министерства чрезвычайных ситуаций Украины выполняет НИР по выявлению наиболее потенциально опасных накопителей. При составлении банка данных накопителей будет использована методика [3], разработанная в институте и утвержденная Госкомитетом Украины по вопросам градостроительства и архитектуры.

Список литературы: 1. Інформаційний бюлетень про стан геологічного середовища України за 1991 рік / Геопрогноз. К., 1992. с. 2. Методические основы оценки и регламентирование антропогенного влияния на качество поверхностных вод / Под ред. А.В. Караушева. Л.: Гидрометеоиздат, 1987. 288 с. 3. Методика обстеження і паспортизації гідротехнічних споруд систем гідравлічного вилучення та складування промислових відходів та хвостів / Держбуд України. К., 1996.

Поступила в редколлегию 20.10.97

УДК 551.311.33 +435.76(477)

И. Б. АБРАМОВ, канд. геол.-мин. наук, Ф. В. ЧОМКО, Д. Ф. ЧОМКО

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННО ПРЕОБРАЗОВАННЫХ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НА ИЗМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВ

Хозяйственная деятельность человека на современном этапе, как известно, приобрела планетарное влияние. Среди многочисленных факторов одно из ведущих мест занимает поступление в атмосферный воздух продуктов сгорания, в частности оксидов азота, серы и углерода.

Главными источниками загрязнения воздушной среды перечисленными соединениями являются теплоэнергетика, авиа- и автотранспорт, а также промышленные предприятия. Загрязняющие вещества в воздушной среде образуют газообразные, жидкие и твердые дисперсионные фазы и могут вступать в химическое взаимодействие между собой или с компонентами воздуха. При взаимодейст-

вии с парами воды эти вещества образуют кислоты, которые выпадают с атмосферными осадками и обуславливают их агрессивное воздействие на металлоконструкции зданий и сооружений, памятников старины, а также закисляют почвы и водоемы. В последующем это может привести к опасным процессам и явлениям. Многие из них достаточно подробно рассмотрены и учитываются в проектах нового строительства или реконструкции.

Влияние же кислотных дождей на грунты оснований, фундаментов и на геологическую среду в целом, на содержащиеся в ней минералы и включения практически не изучено. Однако названная проблема актуальна, поскольку сохране-

ние устойчивости пород и несущих свойств грунтов под воздействием атмосферных осадков, обогащенных кислотами, входит в основные требования по обеспечению эксплуатационной надежности объектов хозяйственной деятельности и их безаварийной работы.

Лессы и лессовидные суглинки распространены на всей территории Украины. Они являются одной из основных групп четвертичных почвообразующих пород и очень широко используются как основания для зданий и сооружений. Поэтому для сохранения плодородия земель и обеспечения эксплуатационной надежности сооружений, возведенных на лессовых грунтах, необходима многоаспектная оценка современных условий среды их существования, включая оценку влияния на них современных атмосферных осадков.

Известно, что вся толща лессовых грунтов карбонатна. Содержание карбонатов не равномерное и варьирует в довольно широких пределах: от 3-5 % до 20-30 % и более. Однако в региональных масштабах валовое содержание CaCO_3 практически меняется мало. Сохранение устойчивости карбонатной части лессовых грунтов обуславливает природную компоновку, а следовательно, устойчивость их структурных связей и монолитную целостность.

По данным наблюдений М. Ф. Веклича на опорных гидрогеологических разрезах антропогена Украины [1], наибольшее скопление карбонатов отмечается на палевых и желтопалевых лессах и лессовидных суглинках и ископаемых почвах при черноморского, дофиновского, бугского, витачевского, удайского, тилигульского горизонтов. Они представлены в виде выцветов, трубочек, стяжений и конкреций. Размер различных включений может составлять от 2 до 30 см, кристаллического кальцита - от 3 до 6 см.

Под воздействием атмосферных осадков карбонатная часть лессовых грунтов может растворяться. Растворяющая способность осадков зависит от содержания в них углекислоты.

Концентрация диоксида углерода в атмосфере за последние 200 лет непре-

рывно повышалась (таблица). В последние десятилетия она резко возросла, а следовательно, повлияла и на содержание углекислоты в атмосферных осадках в тех же пропорциях. Так, в атмосферных осадках Харькова и Краматорска отмечается значительное повышение: содержания углекислоты - от 5 до 40 мг/л, pH - от 6,8 до 6,5, общей минерализации - от 0,25 до 2,2 г/л, что значительно выше фона для всей Украины. В некоторых районах Донбасса и Кривбасса эти значения еще выше.

Такие воды являются агрессивными по отношению к карбонатной составляющей лессовых грунтов. Агрессивность атмосферных осадков, насыщенных углекислотой, уменьшается с увеличением зоны аэрации в лессовых грунтах. Следовательно, их растворяющая способность подчиняется вертикальной и плановой зональности. Поэтому современные атмосферные осадки, обогащенные CO_2 , и имеющие кислую среду, способствуют развитию целого ряда негативных процессов в лессовых грунтах, обуславливают изменение природного состояния, разрушение в них структурных связей, нарушение прочности и снижение их устойчивости.

В результате на лессовых грунтах формируются степные блюдца, создается новый микрорельеф пахотных земель и снижается их плодородие. Появляется необходимость в трудоемких планировочных работах. Кроме того, происходит разрушение скелета лессовых грунтов, а сле-

Динамика содержания CO_2 в атмосфере [2]

Год	Объемная доля $\text{CO}_2 \cdot 10^6$	
	абсолютное значение	Рост за 50 лет
1800	283	
1850	292	+ 9
1900	304	+ 12
1950	325	+ 21
1980	344	
2000	360 (прогноз)	+ 35

довательно, снижение их несущей способности, что в конечном итоге приводит к нарушению целостности зданий и сооружений, вызывает просадочные явления на промплощадках и другие негативные явления. С повышением в атмосферных осадках концентрации углекислоты эти явления будут усиливаться.

Необходимо отметить, что техногенно измененные атмосферные осадки влияют на лессовые грунты в большей степени в районах с развитой энергетикой, метал-

лургической и химической промышленностью и в меньшей степени в отдаленных сельскохозяйственных районах.

Список литературы. 1. *Опорные геологические разрезы антропогена Украины* / М. Ф. Веклич, А. Т. Артюшенко, Н. А. Сиренко и др. К.: Наукова думка, 1967, 107 с. 2. *Котляков В. М., Лориус К.* Глобальные аспекты изменения за последний ледниково - межледниковый цикл // Изв. АН России. Сер. геогр. 1992. № 1. С. 5-22.

Поступила в редколлегию 19.10.97

УДК 622.52:556.34

А.А. ИЗОТОВ, канд. техн. наук, В.П. ЛУГОВОЙ,
К.А. НЕМЕЦ, канд. геол.-мин. наук, Т.Н. НОВОСЕЛОВА

УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМОМ ПОДЗЕМНЫХ ВОД КАК ФАКТОР ОПТИМИЗАЦИИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ (на примере Таврического ГОКа)

Рациональное природопользование как реализация идеи ноосферы невозможно без эффективного управления состоянием и поведением всех геозкосистем, вовлеченных в сферу хозяйственной деятельности человека. Учитывая сложную структуру и тесные взаимосвязи этих систем (объединяемых в наиболее общей геосистеме — географической оболочке), необходимо выполнять прогноз и анализ не только ближайших последствий конкретных видов природопользования, но и отдаленных, а также побочных (проявляемых в смежных геозкосистемах) результатов антропогенной деятельности. Такой подход — комплексный и конструктивно-географический по существу и системный по форме — позволяет предвидеть, проследить и корректировать различные стороны поведения природно-техногенных и техногенных геозкосистем. Особенно актуально применение указанного подхода к анализу последствий хозяйственной деятельности в горнодобывающей промышленности, где возмущение естественных геозкосистем вследствие масштабности и интенсивности антропогенного воздействия достигает максимума.

В Украине переход к рыночной экономике определяет целесообразность закрытия или консервации многих нерентабельных шахт. При этом возникают новые, не свойственные ранее горнодобывающим регионам Украины экологические проблемы, связанные с охраной водных бассейнов. Связь работы шахт с водными ресурсами обычно рассматривается лишь с точки зрения оценки шахтного водоотлива — его влияния на режим подземных вод и влияния сброса минерализованных шахтных вод в поверхностные водооток. Сроки отработки запасов в большинстве случаев измеряются десятилетиями, а на завершающей стадии горные работы имеют затухающий характер, поэтому возмущения подземной гидросферы отличаются плавностью и возможна корректировка деятельности шахты для снижения негативного влияния на окружающую природную среду. Возникающие проблемы решаются исходя из конкретных природных условий и прогноза на основе соответствующих исследований.

Принципиально новые проблемы возникают при закрытии нерентабельной шахты, когда исчезает предприятие-га-

рант и внезапно отключается водоотлив. Резкие изменения гидрогеологической обстановки на участке шахтного поля и прилегающих территориях приводят к существенному ухудшению экологической ситуации в регионе, что выражается в массовом загрязнении подземных и поверхностных вод, нарушении гидрологического режима поверхностных водотоков и т.д. Характерно, что в условиях интенсивного изменения геосистемы корректировка последствий отключения водоотлива практически невозможна без точного, комплексного и достоверного прогноза и привлечения значительных дополнительных ресурсов. Следовательно, при ликвидации или консервации нерентабельной шахты требуется весьма точный комплексный прогноз изменения природных условий, который должен быть выполнен в сжатые сроки и с минимальными затратами, потому что бюджетное финансирование таких работ скудно, а предприятие, подлежащее закрытию, как правило, банкрот. Затраты на изыскания и исследования для прогнозирования существенно уменьшаются, если использовать значительные объемы информации (режимные наблюдения и опытные работы), накопленные в период эксплуатации шахты. Точность и достоверность прогноза повышаются при использовании современных компьютерных средств, в частности ГИС-технологий.

В качестве примера рассмотрим, как решалась подобная задача при обосновании мокрой консервации марганцевой шахты № 1 Таврического ОП ГОКа (Васильевский район Запорожской области).

Экологическая проблема, возникающая при затоплении шахты № 1, связана с ее влиянием на подземные воды, которые являются основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения района, расположенного в засушливой зоне. В пределах шахтного поля выделено два водоносных комплекса — надрудный и подрудный.

Надрудный водоносный комплекс объединяет четыре водоносных горизонта, приуроченных к песчано-глинистым пологопадающим пластам осадочной толщи. При изучении обводнения шахты и в связи с ее закрытием наибольший инте-

рес представляет лишь нижний — тортонский водоносный горизонт, представленный мелкозернистыми песками средней мощностью 9 м, разделенными на два слоя. Проводимость пласта достигает 60 м²/сут, напор над подошвой составляет 30 м. Тортонские пески отделены от марганцево-рудного пласта слоем глин мощностью 3 - 5 м. Химический состав подземных вод — гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридно-натриевый с минерализацией от 0,7 до 1,9 г/л; воды не содержат вредных примесей и частично используются для водоснабжения. В процессе ведения горных работ в тортонских песках предварительно снижается напор с помощью наклонно-восстающих дренажных скважин, затем по мере обрушения выемочного пространства вода поступает в горные выработки через зону деформаций кровли. В результате дренажных работ в пределах шахтного поля в тортонском водоносном горизонте уровень снижен на 25 м (с 30 до 5 м), а радиус влияния достиг 6,5 км в юго-восточном направлении.

Подрудный водоносный комплекс включает в себя палеогеновый водоносный горизонт, подземные воды коры выветривания и водоносный горизонт трещиноватой зоны пород кристаллического фундамента. Палеогеновый водоносный горизонт сложен мелкозернистыми песками, мощность которых в пределах шахтного поля в среднем составляет 2 м, возрастающая к югу до 10 м. Проводимость горизонта возрастает в этом направлении от 10 до 188 м²/сут. Напор над подошвой составляет 25 м. По химическому составу воды сульфатно-хлоридно-кальциевые с минерализацией 0,41 - 1,25 г/л. Воды палеогенового водоносного горизонта являются основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения района. В частности, в 6 км южнее шахты № 1 оборудован водозабор районного значения с суммарной подачей из него 180 м³/ч при понижении уровня до 20 м и с радиусом депрессионной воронки более 10 км. В процессе горных работ палеогеновый водоносный горизонт осушается непосредственно горными выработками и обеспечивает больше половины всего шахтного водопритока. В результате дренажных работ на большей части шахтного поля па-

леогеновые пески полностью осушены. Образовалась обширная депрессионная воронка радиусом до 6 км, достигшая водозабора. Принципиально важен тот факт, что при ведении шахтного водоотлива в палеогеновом водоносном горизонте существовало две депрессионных воронки с водоразделом между ними, вследствие чего подземные воды с шахтного поля не попадали к водозаборным скважинам.

В подрудный водоносный комплекс входят также водоносный горизонт коры выветривания и трещинные воды кристаллического фундамента. Водообильность этих горизонтов незначительна и неравномерна, поэтому они не имеют практического значения при эксплуатации шахты и ее консервации.

При анализе последствий закрытия шахты рассматривалось два варианта ее консервации: «сухой» и «мокрый». Сухая консервация предусматривает сохранение в полном или частичном объеме откачки шахтных вод. При таком виде консервации не требуются специальные и дополнительные исследования, поскольку резких изменений режима подземных вод не происходит и природная среда может соответствовать ранее выполненному прогнозу (с незначительными отклонениями). Однако, сухая консервация шахты сопровождается материальными затратами, связанными с поддержанием водоотлива. В целом технологически как бы продолжается эксплуатация шахты, что не вносит существенных изменений в установившееся равновесие геосистем; поэтому анализ варианта не представляет особого интереса.

При мокрой консервации полностью отключается водоотлив, горные выработки затапливаются и начинается процесс восстановления начальных гидрогеологических условий. Однако это не гарантирует возвращения к первоначальной природной обстановке, потому что при эксплуатации шахты появились новые факторы воздействия на гидродинамические и физико-химические процессы, происходящие в подземной гидросфере и в зоне влияния горных работ. Прежде всего необходимо отметить, что в результате отработки полезного ископаемого и дрена-

жа существенно нарушена природная целостность пластов, вследствие чего в пределах шахтного поля надрудный и подрудный водоносные комплексы (до начала горных работ полностью изолированные) имеют прямую гидравлическую связь с соответствующими существенными изменениями гидродинамического и гидрохимического режимов. В зоне горных выработок появились потенциальные загрязнители: нефтепродукты, цветные металлы, органические соединения, железо, нитраты и т.д. Нарушен рудный пласт — руда частично изъята, частично оставлена в целиках, рассыпана в горных выработках, раздроблена в массиве. В результате значительные объемы руды и породы окислены атмосферным кислородом, что существенно изменило окислительно-восстановительную среду.

В восстановлении гидрогеологических условий после отключения водоотлива можно выделить следующие стадии: заполнение водой пустот — горных выработок и трещин в зонах обрушения пород; заполнение водой осушенных пород; восстановление уровней в пластах.

На первой стадии заполнение горных выработок будет происходить из всех водоносных горизонтов, прямо или косвенно участвовавших в обводнении шахты. Затем по мере подъема уровня и его приближения к кровле горных выработок будет усиливаться процесс заполнения водой осушенных пород нижнего водоносного комплекса. После восстановления напора в нем начнется насыщение осушенных пород надрудной толщи подземными водами, поступающими снизу и с флангов. Однако полного восстановления первоначального уровня в пределах шахтного поля не наступит, потому что палеогеновый водоносный горизонт, имеющий более низкие гипсометрические отметки, более высокую проводимость и интенсивный поток, направленный к действующему водозабору, будет постоянно дренировать лежащий выше тортонский водоносный горизонт. В результате восстановление уровня в палеогеновом водоносном горизонте приведет к изменению гидродинамической структуры потока, который в пределах всего района приобретет радиальный характер с центром разгрузки

на участке водозабора. Заполнение водой горных выработок и пустот зоны обрушения будет сопровождаться негативными изменениями химического состава подземных вод, которые начнут распространяться по палеогеновому пласту и могут достигнуть охранной зоны главного водозабора.

Прогноз последствий мокрой консервации шахты № 1, составленный с учетом изложенного, показал, что должны быть произведены:

- расчет времени заполнения водой горных выработок и зоны обрушения;
- определение динамики и времени восстановления уровней подземных вод в водоносных горизонтах, участвующих в процессах осушения-затопления шахты;
- оценка изменений химического состава подземных вод в период затопления и стабилизации;
- определение динамики развития ореола загрязнения;
- комплексная оценка экологических последствий затопления шахты.

Указанные задачи решались на основе гидрогеологических расчетов в два этапа. На первом этапе выполнено решение гидродинамической задачи методами численного моделирования с использованием пакета программ GMS на ПК Пентиум. Модель строилась с учетом гидродинамической взаимосвязи двух водоносных горизонтов, в качестве исходного материала использовались накопленные в процессе разведки и эксплуатации месторождения данные о фильтрационных свойствах пород, уровненом режиме водоносных горизонтов, подаче водоотлива, химическом составе шахтных и подземных вод. Это дало возможность провести исследования без дополнительных изысканий. По фактическим результатам наблюдений были установлены область фильтрации, внешние границы модели, коэффициенты глубинного водообмена. Внутренние границы (и граничные условия) определялись положением дренажных сооружений водозаборов. Идентификация параметров модели осуществлялась посредством решения обратных задач с использованием большого количества фактического материала, накопленного в процессе эксплуатации шахты.

По результатам прогнозного вариантного моделирования были установлены сроки затопления горных выработок и время наступления квазистационарного режима фильтрации для каждого водоносного горизонта. При этом на заданные расчетные моменты времени определялись притоки в горные выработки, темпы подъема уровней и распределение их в плане. Визуализация результатов выполнена в виде карт гидроизопъез и линий токов. В частности, был зафиксирован момент, когда подземный поток в палеогеновом водоносном горизонте изменил направление движения на участке шахтного поля и устремился к главному водозабору.

На втором этапе исследований решалась задача массопереноса с использованием указанного выше программного обеспечения. Начальная концентрация главных загрязняющих веществ (марганца, железа, фосфорных соединений, нефтепродуктов) определялась по химическому составу шахтных вод. В результате численного моделирования были получены карты развития ореолов загрязнения по каждому веществу на заданные расчетные моменты времени для каждого водоносного горизонта в отдельности.

На основании выполненных исследований сделаны следующие выводы:

1. При мокрой консервации шахты № 1 все горные выработки будут затоплены в течение четырех лет после отключения водоотлива, и водоносные горизонты, участвующие в обводнении рудника, приобретут напорный режим.

2. Время стабилизации уровней подземных вод составит от 12 до 22 лет.

3. В течение периода стабилизации уровней подземных вод будет наблюдаться сложная гидродинамическая картина взаимодействия основных водоносных горизонтов с переменными направлениями перетекания.

4. В начальный период восстановления уровней подземных вод будет происходить смешение вод всех водоносных горизонтов с подпиткой вышележащих пластов снизу. На заключительной стадии установится постоянный переток из верхних пластов в нижние, что указывает на невозможность достижения в верхних

пластах первоначального (природного) уровня.

5. В пределах отработанной площади сформируется постоянный источник загрязненных подземных вод со значительным содержанием железа и марганца, более чем в три раза превышающим ПДК.

6. Поток загрязненных подземных вод достигнет по палеогеновому водоносному горизонту эксплуатационных скважин главного водозабора через 30 лет. Загрязнение подземных вод в районе водозабора приведет к исключению последнего из числа основных источников водоснабжения в данном районе.

7. На участке шахтного поля все водоносные горизонты окажутся в той или иной степени загрязненными, что усугубит проблему хозяйственно-питьевого водоснабжения в районе.

8. Сохранение водоотлива (сухая консервация) с той же подачей, что и на момент окончания работы шахты, предотвратит загрязнение подземных вод.

Результаты исследований использованы в рабочем проекте по ликвидации Таврического ОП ГОКа при разработке комплекса специальных мероприятий, направленных на обеспечение благоприятной экологической обстановки в пределах шахтного поля. В составе указанных мероприятий предусмотрен компромиссный вариант: непродолжительная (до 2 лет) откачка из горных выработок загрязненных вод с минимальной подачей, которая позволит сформировать уклон, препятствующий движению загрязненного потока к водозабору.

Поступила в редколлегию 09.10.97

УДК 556.3;622.58

Н.И. ЗАБУСОВ, В.П. ЛУГОВОЙ, Ю.М. НИКОЛАШИН, канд. техн. наук,
К.А. НЕМЕЦ, канд. геол.-мин. наук

РОЛЬ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГНОЗА В УПРАВЛЕНИИ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫМИ ГЕОЭКОСИСТЕМАМИ (на примере района Ингулецкого ГОКа)

Одним из важнейших следствий влияния социума на природную окружающую среду является формирование антропогенного круговорота вещества и энергии в географической оболочке. В отличие от геологического и биогенного круговоротов, которые в любой геоэкоосистеме сбалансированы и не выводят ее из состояния гомеостаза, антропогенный круговорот существенно нарушает вещественный и энергетический балансы природно-техногенных геоэкоосистем, что в конечном итоге приводит к их выходу из состояния устойчивости. В зависимости от интенсивности хозяйственной деятельности социума, дестабилизирующей географическую оболочку, природно-техногенные геоэкоосистемы продолжают эволю-

ционное развитие, используя собственные адаптационные возможности (компенсационные и буферные механизмы) и приспособляясь к новым условиям существования, или переходят на катастрофический путь развития с трансформацией структуры, системных связей и резким изменением состояния. Количественные критерии рефлексии геоэкоосистем на хозяйственную деятельность приведены в работе [1]. Они получены исходя из соотношения эквивалентной скорости изменения параметров внешней среды (интенсивность деятельности социума) и наиболее чувствительных параметров геоэкоосистем (интенсивность адаптационных процессов). Следовательно, для сохранения возможности управления со-

стоянием и поведением природно-техногенных геозкосистем, удержания их в пределах области гомеостаза и развития по заданной траектории необходимо предпринимать управляющие воздействия, адекватные складывающейся геозкологической ситуации.

Из изложенного вытекает, что в районах интенсивной хозяйственной деятельности социума происходят наиболее существенные (вплоть до катастрофических) изменения в геозкосистемах. В частности, это характерно для районов развития горнодобывающей промышленности, где к основным дестабилизирующим факторам антропогенного круговорота относятся:

- вынос из недр на поверхность и вовлечение в интенсивную миграцию огромных масс минерального вещества;

- интенсивные нарушения режима подземных вод, приводящие к изменению гидрогеохимической обстановки и процессам массопереноса в недрах, взаимосвязи с поверхностными водами и последующему возмущению сопряженных геозкосистем;

- существенное изменение энергии рельефа дневной поверхности, формирование провалов и отвалов в пределах шахтных полей, карьеров при открытой разработке полезных ископаемых.

Подверженность природно-техногенных геозкосистем горнодобывающих регионов концентрированному и интенсивному антропогенному воздействию определяет особую актуальность проблемы эффективного управления их развитием. В связи с инертностью процесса управления геозкосистемами, обусловленной проявлением их адаптационных свойств в стремлении к сохранению устойчивости, необходим выбор управляющих воздействий на основе не только сложившейся геозкологической ситуации, но и прогноза ее изменения. Из рассмотренных выше негативных факторов горнодобывающего производства наиболее сложным является нарушение режима подземной гидросферы. Рассмотрим учет этого фактора на примере карьера Ингулецкого ГОКа (г. Кривой Рог, Днепропетровская область).

Железородный карьер ОАО «Ингулецкий ГОК» (ИНГОК) северным бортом вскрывает часть выработанного пространства от подземной разработки богатых руд бывшего рудника «Ингулец» [2]. После завершения подземных работ принято решение о ликвидации шахты «Центральная», ствол которой попадает в проектный контур карьера. Опыт ликвидации шахт в Кривбассе показывает, что после отключения водоотлива происходит вторичное обводнение ранее осушенных пород с восстановлением начальных уровней подземных вод. В случаях затопления шахт в непосредственной близости от действующих карьеров в последних наблюдаются значительный рост водопритоков и обводнение прибортовых массивов, что отрицательно влияет на их напряженное состояние и существенно (катастрофически) снижает устойчивость откосов. Поэтому для ликвидации шахты «Центральная» был выполнен комплексный прогноз возможных негативных изменений гидрогеологической обстановки в районе карьера ИНГОКа и рассмотрены варианты его защиты от подземных вод при затоплении выработанного пространства в шахтном поле.

На основании анализа гидрогеологических условий Ингулецкого месторождения железных руд установлено, что обводнение северного борта карьера будет осуществляться главным образом за счет безнапорного рудно-кристаллического водоносного комплекса. Для решения прогнозных задач построена математическая модель этого комплекса на основе пакета прикладных программ GMS (США). Рассмотрены варианты размещения шахтного водоотлива на разных горизонтах и базовый вариант — полное его отключение.

Для базового варианта рассчитывались положение уровня подземных вод и водопритоки в карьер после остановки шахтного водоотлива с учетом изменения отметок дна карьера. Некоторые результаты приведены в таблице. Положение уровня подземных вод рассчитывалось в плане (карта гидроизогибс) и в разрезе по выбранным (характерным) точкам в пределах шахтного поля и за его пределами.

Прогнозные показатели для карьера ИнГОКа при отключении шахтного водоотлива

Время после отключения водоотлива, лет	Отметка дна карьера, м	Приток в карьер, м ³ /ч		Площадь депрессионной воронки, замкнутой гидроизогипсой +30 м, км ²
		общий	сев. борта	
4	-300	432	36	115
17	-400	648	180	139
30	-500	756	216	156
43	-600	828	234	170
50	-650	890	239	172
56	-700	913	252	175

Анализ результатов показывает, что при полном отключении шахтного водоотлива гидрогеологическая обстановка в пределах Ингулецкого железорудного месторождения претерпит существенные изменения. Так, через 4 года с момента отключения шахтного водоотлива центр депрессионной воронки сместится в сторону карьерного водоотлива.

В течение первых 10 лет произойдет заполнение водой подземных горных выработок, трещин и пустот зоны обрушения. Динамика процессов такова: через первые 2 года уровень подземных вод в стволе шахты «Центральная» достигнет отметки -260 м со средней скоростью 260 м/год; через 4 года — отметки -149 м при снижении скорости до 70 м/год; через 6 лет — отметки -109 м при скорости 25 м/год; через 8 лет — отметки -59 м при скорости 15 м/год; через 10 лет — отметки -29 м при скорости 3 м/год. Форма депрессионной воронки в целом не изменится; ее площадь, замкнутая гидроизогипсой +30 м, составит около 125 км². В последующие периоды при углублении горных работ не будет происходить подъем уровней подземных вод в пределах шахтного поля, а площадь депрессионной воронки вокруг карьера будет увеличиваться и достигнет через 56 лет 175 км². Существенно возрастут водопитоки в карьер, пиковые приросты притока за счет вскрытия зон повышенной водопроницаемости могут достигнуть 15 - 40 м³/ч. Водопиток на северный борт карьера возрастет от 180 м³/ч на 17-й год до 252 м³/ч на 56-й год (при углублении карьера на 300 м), что составляет около 70 % шахтного водоотлива на отметке -775 м.

Таким образом, результаты моделирования показывают, что при отключении шахтного водоотлива, углублении и развитии карьера в плане произойдет рост притока подземных вод на северном борту. Это потребует снижения на предельном контуре значений проектных углов откоса и высоты уступа в скальной толще пород из-за влияния на их устойчивость взвешивающего гидростатического давления подземных вод в раскрытых трещинах, падающих в сторону карьера. По результатам графоаналитических расчетов наибольшее влияние на устойчивость скальных уступов высотой 30 - 45 м с углами откоса более 60° будут оказывать трещины, заполненные водой и падающие под углом менее 47°. При обводнении уступов в зоне обрушения, заполненной вскрышными породами, возможно проявление фильтрационных деформаций на локальных участках. Подтопление коры выветривания может вызвать оползни в рыхлых породах на северном борту карьера.

Безопасное ведение горных работ невозможно без организации системы слежения за напряженным состоянием бортов карьера и получения информации, достаточной для выполнения прогноза изменения устойчивости откоса. Обоснованием возможности обнаружения скрытых стадий деформирования прибортового массива являются результаты исследований и наблюдений, изложенные в работе [3]. Основные изменения деформационного режима бортов глубоких карьеров определяются интенсивностью технологических воздействий: следует учитывать гидростатическое давление подземных вод,

объемы выемки горной массы, масштабы производства взрывных работ, скорость вторичного обводнения пород и т.д. Систематические наблюдения за перечисленными воздействиями позволяют осуществить прогноз устойчивости откосов и управление состоянием массива. Для надежного прогнозирования критической реакции откоса на техногенные воздействия, заключающейся в повышении скорости деформаций (сдвигов) борта карьера в 3 - 4 раза по сравнению с фоновой скоростью, наблюдаемой инструментально в пределах 0,2 м/год, или с наклоном массива до 1,5 - 2,0 ...°/год, необходимо производить учет накопления деформаций путем непрерывной регистрации наклонов массива и периодических маркшейдерско-геодезических измерений смещения поверхности борта. Точность определения реакции прибортового массива горных пород на техногенные воздействия обуславливается точностью регистрации лунно-солнечного прилива, что гарантирует обнаружение и контроль деформаций массива. Прогнозирование формирования поверхности скольжения с углом наклона от 15° до 45° на участках бортов и уступах карьера в рыхлых породах в начальной и конечной стадиях оползнеобразования осуществляется геоэлектрическими методами. Для организации системы инженерно-геологического мониторинга целесообразно оборудовать на бортах карьера, в наклонных стволах конвейерных трактов и стволах шахты наблюдательные станции, которые обеспечат получение всей необходимой информации.

Таким образом, возможность управления устойчивостью обводненных откосов северного борта карьера заключается в управлении режимом подземных вод посредством дренажной системы, обеспечивающей опережающее осушение массива. Основные требования к дренажной системе сводятся к обеспечению надежности, мобильности, управляемости

(легкости изменения режима работы), экономичности. В соответствии с приведенными требованиями анализировалось несколько вариантов защиты карьера ИнГОКа от подземных вод при ликвидации рудника. Наиболее распространенным вариантом защиты является сооружение на борту карьера дополнительных горизонтальных дренажных горных выработок, дренирующий эффект которых может быть усилен бурением из них вертикальных и наклонных восстающих скважин. Опережающее осушение борта карьера может быть достигнуто с помощью горизонтальных дренажных скважин, сооружаемых с уступов борта. Наконец, наиболее предпочтительным для защиты карьера представляется максимальное использование в качестве дренажных существующих горных выработок шахты «Центральная». Прогнозное моделирование показало, что этот вариант обеспечивает эффективную защиту карьера от подземных вод вплоть до его постановки на предельный контур с углублением до отметки -700 м. Рекомендуется использовать погоризонтный водоотлив из ствола шахты с поддержанием уровня подземных вод на 50 м ниже отметки дна карьера.

Список литературы: 1. Немец К.А. О системном подходе в управлении геопроцессом. // Экологическое образование и его роль в обеспечении устойчивого развития Крыма: Материалы науч.-практ. конф., Симферополь, 9-11 окт. 1996 г. Симферополь, 1996. Ч. 2. С. 32 - 39. 2. Влияние условий обводненности поля шахт «Центральная» и № 10 на формирование водопритоков в карьер Ингулецкого ГГОКа/ А.В. Кузьменко, Н.И. Забусов, В.П. Луговой и др.// Горн. журн. 1996. № 9. С. 10-13. 3. Маркшейдерские комплексные наблюдения за деформационным режимом подработанного борта глубокого карьера./А.И. Ильин, Ю.М. Николашин, И.А. Широков, В.П. Будков// 7-й Междунар. конгр. по маркшейд. делу: Сб. докл. Л., 1988. Т. 11. С. 368 - 379.

Поступила в редколлегия 20.10.97

К.Г. ЩЕРБИНА, канд. хим. наук

ГИДРОРЕАГИРУЮЩИЕ СОСТАВЫ ДЛЯ ВНУТРИПЛАСТОВОЙ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ СКВАЖИН

В результате длительной эксплуатации нефтегазоконденсатных скважин их производительность резко падает вследствие скопления воды в призабойной зоне, кольтматации пор и каналов продуктивного минерального пласта как неорганическими соединениями (песок, глина и пр.), так и высокомолекулярными органическими (типа гидронов и парафинов). При этом снижается проницаемость коллектора и уменьшаются притоки углеводородного сырья. Процесс усугубляется изменениями термобарических условий и фазовых равновесий флюидов [1].

Анализ литературно-патентных источников информации, данный в работах [2 - 4], свидетельствует о достаточно высокой эффективности термохимической внутрипластовой обработки малодебитных скважин с использованием энергии взрыва, позволяющей иногда на несколько порядков поднять добычу углеводородного сырья. Воздействие на продуктивные породы ударных волн и горячих газов ведет к дополнительному трещинообразованию и увеличению проницаемости. Так, при анализе кернов выявлено: проницаемость образцов из необработанных скважин составляла 0,1 мД, а после многократной термохимической обработки жидкими взрывчатыми веществами (ВВ) она находилась в диапазоне 40 - 80 мД [4]. Однако применение ВВ имеет и негативные стороны, связанные с затратами на обеспечение безопасности проводимых работ и с разрушающим действием детонационных процессов на обсадную колонну.

В последние годы в качестве высокотемпературного внутрипластового газообразователя все чаще используют водные растворы быстрогорящих горюче-окислительных смесей (ГОС), которые безопасны в обращении и исключают образова-

ние детонационных волн. В их состав входят различные селитры, компоненты ракетных топлив и другие высокоэнергетические добавки [5].

Новым направлением в химии внутрипластовой термообработки можно считать применение в сочетании с ГОС гидрореагирующих составов (ГРС), которые, находясь в среде сильных окислителей, избирательно реагируют с водой. Накоплен положительный опыт использования таких гибридных топливных систем на скважинах Восточно-Полтавского газоконденсатного месторождения [6].

ГРС - это металлизированные системы на основе алюминия, бора, их соединений в композиции с щелочными металлами, гидридами и термитными смесями. Окислителем составом является ион водорода, его источник самый распространенный и дешевый в мире - вода окружающей среды. В то же время, выделяемый в результате химической реакции водород представляет собой самое высокоэнергетическое вещество, существующее в природе. Если реакции ГРС с водой идут с расчетной теплотой сгорания от 2 до 15 МДж/кг, то при сгорании водорода в кислороде выделяется 119,67 МДж/кг. Водород можно считать идеальным теплоносителем. Его проникающая способность как элемента с самым малым радиусом атома и молекулы общеизвестна. Именно водород, фильтрующийся через плотную среду земных недр, создает мощные тепловые потоки, что и объясняет тепломассоперенос с глубин Земли [7]. В реакциях ГРС с водой температура водорода (в зависимости от состава ГРС) может достигать 2200 °С. В условиях существующих и создаваемых давлений в обрабатываемой скважине водород обеспечивает внутрипластовый крекинг и пиролиз высокомолекулярных

углеводородов, способствует снижению их вязкости.

Свойства ГРС были открыты и изучены на стендах высокого давления, моделирующих внутрипластовые условия скважин и, как указывалось выше, подтверждены промысловыми испытаниями [6].

Из экспериментов следует, что не все составы активно реагирующие с водой [7; 9; 10], могут быть использованы для термохимической внутрипластовой обработки нефтегазоконденсатных скважин. Существенную роль в процессах газоконденсации играют давление и растворимость образующихся продуктов сгорания, хотя согласно классическим представлениям в конденсированных системах скорость реакции не зависит от давления.

В гетерогенной конденсированной системе ГРС – вода химические превращения начинаются с активных центров и продолжаются на границе раздела твердых фаз – реакционной поверхности и образующихся твердофазных продуктов реакции. Такой процесс относят к топомеханическому [12]. Его лимитирующая стадия – диффузия воды сквозь пленку или слой образующихся продуктов реакции. Кинетические закономерности систем обусловлены энергетическим состоянием поверхностных атомов и молекул, площадью реагирующей поверхности и температурой [12].

Одним из путей направленного регулирования скорости выделения водорода из воды под давлением является получение композитных составов [13]. Эти ГРС содержат перечисленные выше составляющие, подобранные таким образом, что, разлагая воду, они сами и продукты их реакции инициируют друг друга, создавая условия для более полного реагирования каждого компонента.

Композитные ГРС получают методами плавления, спекания и прессования. Если ГРС в процессе разложения воды или водного раствора горюче-окислительной смеси наряду с водородом образуют растворимые в воде твердофазные продукты реакции, то с ростом давления скорость их газогенерации возрастает.

Впервые на ускорение процесса выделения водорода некоторыми ГРС под влиянием давления указано в работе

[13]. Сделано предположение, что при нормальных условиях активно реагирующая поверхность ГРС вся закрывается пузырьками водорода. Скорость реакции начинает лимитироваться диффузией воды через образующийся газовый барьер. С повышением давления объем газовой фазы резко уменьшается, блокируемая реакционная поверхность освобождается для подхода окислителя и скорость реакции резко возрастает. Очевидно, что рост давления должен сказываться на таком процессе только до определенных пределов – когда влияние газовой фазы на поверхность становится минимальным. Действительно, композитный состав ГРС, содержащий прессованную смесь из 50 % активированного алюминия, 25 % алюмогидрида натрия и 25 % гидрида натрия, при давлении 2 МПа повышает скорость реагирования в 1,26 раза по сравнению с нормальными условиями, при 10 МПа – в 1,81 раза, при 20 – в 2,01 раза, а при 35 МПа – в 2,21 раза.

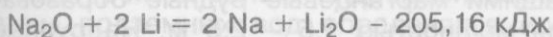
При изучении влияния давления на скорость реагирования ГРС с более высокими энергетическими компонентами, например ГРС на основе алюмолитиевых композитных материалов [9], вместо ожидаемого ускорения наблюдается полное прекращение реакции уже при 2,5 – 3,1 МПа. Аналогично ведут себя все составы, продукты окисления которых представляют собой малорастворимые или нерастворимые соединения.

С помощью скоростной кинофото съемки процесс газообразования был визуализирован. Съемка велась кинокамерой СКС –1М, снимающей со скоростью 200 кадров/с через иллюминаторы, смонтированные на просвет в стенд высокого давления.

По полученным кинокадрам можно было проследить, как при нормальных условиях объем газовой фазы достаточно возрастал, чтобы не только проработировать через слой накопившихся продуктов окисления ГРС, но и частично вынести их из зоны реагирования. С повышением давления многократно уменьшенные водородные пузырьки с трудом пробивались через слой обводненного коллоида твердофазных соединений. В итоге ско-

рость реакции резко снижалась, а при 3,1 МПа полностью блокируемая от окислителя поверхность пассивировалась. Установлено, что каждый состав работоспособен лишь до определенного, свойственного только ему предельного давления. Последнее зависит от природы и свойств образующихся твердофазных продуктов окисления. Изучению фазового состава продуктов реакции высокоэнергетических ГРС посвящена работа [14].

Расширить диапазон давлений, при которых ГРС работоспособны, позволяют химически активные добавки, повышающие растворимость образованных соединений, химическую активность и энергетические характеристики ГРС. К таким инициаторам процесса газогенерации относится термитная смесь с низкотемпературным воспламенением, состоящая из лития и оксида натрия. В металлотермической реакции



восстанавливающийся натрий выделяется в расплавленном и частично парообразном состоянии [6]. Термит, получен из порошковых материалов по разработанной нами технологии и является активным инициатором горения металлов в воде [15]. Его введение в состав ГРС обеспечивает термохимическую обработку скважины практически при любой глубине залегания продуктивного пласта.

Следует отметить, что вода - очень слабый окислитель, поэтому для обеспечения режима стабильного и быстрого горения необходимо снижение энергии активации реакции с водой всех компонентов ГРС. Для этой цели при получении составов используются новые технологические приемы, не применяющиеся в производстве ВВ и ракетных топлив. К ним прежде всего относится механохимическая активация, основанная на обработке поверхностей твердых материалов. Механохимия открывает возможности проведения даже термодинамически запрещенных реакций, позволяет снизить температуру взаимодействия веществ и энергетические барьеры между ними [16]. Кроме того, в технологии ГРС применяются аллотропные модификации

элементов, температура воспламенения T_B которых в воде ниже. Например, вместо традиционно используемого в ракетных топливах аморфного бора с $T_B > 1700$ °С берется его кристаллическая модификация с $T_B = 1100$ °С [17].

Таким образом, технологии синтеза ГРС обеспечивают качественный скачок в улучшении эксплуатационных параметров топливных систем и позволяют существенно повысить эффективность внутрипластовой термохимической обработки нефтегазоконденсатных скважин.

Список литературы: 1. Яремчук Р.С., Светлицкий В.М., Савьюк Г.П. Повышение производительности скважин при освоении и эксплуатации месторождений парафинистых нефтей. К.: Укрпипрониинетфть, 1993. 225 с. 2. Амелин И.Д. Внутрипластовое горение. М.: Недра, 1980. 260 с. 3. Бурже Ж., Сурио П., Комбарну М. Термические методы повышения нефтеотдачи пластов: Пер. с фр. М.: Недра, 1988. 422 с. 4. Методы интенсификации притоков в нефтяных и газовых скважинах с использованием энергии взрыва и горения взрывчатых материалов / Дуванов А.М., Гайворонский И.Н., Михайлов и др. М., 1990. 34 с. (Обзор. информ. (ВНИЭМС); вып. 11). 5. Маловязкие горюче-окислительные составы для обработки продуктивных пластов с низкими фильтрационно-емкостными свойствами / В.Ю. Челышев, С.М. Колясов, В.Д. Крощенко и др. // Техника и методика прострелочно-взрывчатых работ на скважинах: Тез. докл. Раменское, 1988. С. 17 - 21. 6. *Chemical process of the treatment of condensate and oil strata* / I.G. Zezekalo, A.V. Loboiko, K.G. Sherbina et al. // The First Europ. Congr. on chem. eng. Florence, 1997. Vol. 1. P. 603 - 606. 7. Подгорный А.Н., Варшавский И.А., Приймак А.И. Водород и энергетика. К.: Наук. думка, 1981. 144 с. 8. О цепном гетерофазном процессе окисления бора / Александров Е.Н., Веденеев В.И., М.В. Дубровина и др. // Изв. АН СССР. Сер. хим., 1988. № 9. С. 2185. 9. Щербина К.Г. Алюмолигитивый композитный состав и его некоторые кинетические характеристики // Сб. работ по химии / Каз. гос. ун-т. Алма-Ата, 1983. Вып. 7. С. 544 - 555. 10. Погруженные генераторы водорода / О.Ю. Калекин, В.Е. Герасименко, В.Б. Пода и др. // Всесоюз. конф. «Химреактор-10»: Сб. докл. Тольятти, 1989. С. 139 - 145. 11. Краткая химическая энциклопедия: В 5 т. М.: Госнаучиздат, 1963. Т. 2. 561 с. 12. Розовский А.Я. Кинетика топохимических реакций. М.: Химия, 1974. 181 с. 13. Щербина К.Г. Влияние давления на процессы генерации водорода // Сб. пробл. машиностроения. К.,

1989. Вып. 26. С. 86 - 87. 14. Щербина К.Г. О твердофазных продуктах реакции в процессах генерации водорода // Там же. 1983. Вып. 20. С. 83 - 86. 15. Термитная смесь с низкотемпературным воспламенением как инициатор процессов горения в воде / О.Ю. Калекин, К.Г. Щербина, А.В. Бастеев, А.В. Симбирский // Горение конденсированных систем: Материалы VIII Всесоюз. симп. по горению и взрыву. Черногловка, 1986. С. 16 - 18. 16. Ля-

хов Н.З. Достижения и перспективы механохимии // Вестн. АН СССР. 1983. Вып. 8. С. 65 - 74. 17. А.с. 1535015 СССР, МКИ С06В21/00, 30/00. Способ получения гибридной топливной системы. / К.Г. Щербина, О.Ю. Калекин, С.С. Фокин и др. // Открытия. Изобретения. 1988. № 13. С.46

Поступила в редколлегию 12.12.97

УДК 622.84 (470.65)

В.Е. АНПИЛОВ, канд. геол.-мин. наук, Т.В. ЖДАНОВА,
Т.Н. НОВОСЕЛОВА, И.К. РЕШЕТОВ, д-р геол.-мин. наук

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЖИМА ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РАЙОНЕ ОРДЖОНИКИДЗЕВСКОГО ГОКа

Территория Орджоникидзевского ГОКа (ОГОКа) расположена в пределах Никопольского месторождения марганцевых руд. Эксплуатация ОГОКа привела к существенным изменениям гидрогеологических условий территории, что сделало необходимым исследование по изучению формирования режима подземных вод в результате техногенного воздействия.

В геологическом строении территории ОГОКа имеют развитие докембрийские, палеогеновые, неогеновые и четвертичные отложения. Породы докембрия - амфиболиты, сланцы с небольшими участками гранитов и магматитов. Палеогеновые отложения представлены бучакской, киевской и межигорской свитами. Бучакские отложения имеют ограниченное распространение (обычно встречаются в понижениях коры выветривания) и представлены песками, глинами, бурыми углями мощностью от 2 до 10 м. Киевская свита представлена глинами, алевритами, алевритами мощностью до 10 м.

Межигорская свита (бывшая харьковская) подразделяется на три подгруппы: подрудная, рудная и надрудная. Подрудные отложения представлены песками с прослоями глин мощностью 1 - 15 м (в среднем 5 м). Рудная толща представлена песчано-глинистыми осадками, содер-

жащими марганцевые рудные образования мощностью 1,5 - 2,5 м. Надрудные отложения имеют ограниченное распространение и представлены темно-серыми глинами мощностью 2,5 - 5 м. Палеогеновые отложения перекрываются неогеновыми сарматскими песками, глинами, известняками, ракушечниками мощностью до 10 м. Красно-бурые глины плиоцено-нижнечетвертичного возраста развиты на водоразделах мощностью до 5 м. Четвертичные отложения представлены лессовидными суглинками мощностью до 25 м, имеющими распространение на водоразделах, древними аллювиальными песками мощностью до 10 м и современным аллювием рек и балок мощностью до 20 м.

В гидрогеологическом отношении территория ОГОКа относится к гидрогеологическому массиву трещинных вод Украинского щита. На территории ОГОКа имеют распространение водоносные горизонты в лессовидных суглинках, древних аллювиальных песках, в отложениях сармата, палеогеновых отложениях и трещиноватой толще кристаллических пород докембрия.

В естественных условиях (до работы ОГОКа) водоносный горизонт лессовидных суглинков имел спорадическое распространение на водораздельных участках

мощностью до 6 м.

Водоносный горизонт древнеаллювиальных песков повсеместно распространен в пределах рудного поля мощностью до 10 м. Водоносный горизонт сарматских отложений мощностью до 7 м развит повсеместно и является основным источником обводнения горных выработок. Водоносный горизонт палеогеновых отложений приурочен к псдрудным пескам и песчаникам межигорской свиты мощностью до 10 м. Обводненность кристаллических пород докембрия обусловлена степенью их трещиноватости.

В естественных условиях гидродинамический режим подземных вод водоносных горизонтов определялся условиями питания и разгрузки. Питание подземных вод осуществлялось за счет инфильтрации атмосферных осадков на площади распространения, перетоков в лежащие ниже горизонты; разгрузка происходила в долинах рек и балок. Гидрохимический режим подземных вод определялся исходным солевым составом водовмещающих пород и взаимодействием их с инфильтрационными водами.

В условиях эксплуатации ОГОКа резко изменились гидродинамический и гидрохимический режимы подземных вод основных водоносных горизонтов. К основным техногенным факторам, существенно влияющим на природные условия территории ОГОКа, относится наличие: обогатительных фабрик и связанных с ними хвостохранилищ, карьеров для разработки марганцевых руд и их дренажных систем, прудов различного назначения, коммуникаций жилых поселков и города.

Под влиянием техногенных факторов существенно изменился режим подземных вод территории ОГОКа: поменялись глубина залегания и мощность водоносных горизонтов, скорость и направление движения подземных потоков, минерализация и химический состав поверхностных и подземных вод.

Техногенные изменения гидродинамического режима подземных вод проявляются в двух противоположных направлениях: в понижении и повышении уровней. Постоянно снижаются уровни подземных вод при дренирующем влиянии карьеров и дренажных устройств (глубина

карьеров достигает 600 м, а водопритоки в карьеры составляют от 60 до 800 м³/ч). Наибольшие гидродинамические изменения происходят на промплощадках и территориях хвостохранилищ, обогатительных фабрик, где общий подъем уровней подземных вод в лессовидных суглинках и древних аллювиальных песках достигает 14 м, на территории города – 7,8 м.

Техногенные изменения гидрохимического режима подземных вод тесно коррелируются с гидрохимическим режимом вод поверхностных водотоков, водоемов и хвостохранилищ.

Основными факторами, определяющими гидрохимический режим подземных вод, являются: теснота гидравлической связи подземных вод с водами поверхностных водоемов и хвостохранилищ; солевой состав водовмещающих пород и особенности взаимодействия с ними подземных вод.

Уровень минерализации поверхностных вод р. Базавлук составляет 3,6 г/дм³ и р. Сухой Чертомлык – 0,3 г/дм³. Резко повысилась минерализация вод Каховского водохранилища в районе ОГОКа (от 0,3–0,8 г/дм³ в доэксплуатационный период до 2,5 г/дм³ в период работы ОГОКа). В поверхностных водах обнаруживается до 20 микроэлементов. Значительная их часть (молибден, никель, хром, цинк, медь) присутствует в водах с концентрациями меньше ПДК. Однако марганец, кадмий, свинец присутствуют в концентрациях, которые в 2–15 раз выше ПДК.

В технических водах хвостохранилищ минерализация достигает 5,0 г/дм³. Концентрации выше ПДК имеют бром, ртуть, цинк, кадмий, свинец; ниже ПДК – молибден, никель, хром, цинк, медь.

Гидрохимический режим подземных вод характеризуется значительным ростом минерализации подземных вод (минерализация составляет 3,3 – 15,2 г/дм³). Содержание микрокомпонентов в подземных водах варьирует в широких пределах.

Ряд микрокомпонентов (фтор, хром, цинк) имеют интервал концентраций на порядок ниже ПДК. Вторая группа микрокомпонентов (ртуть, никель, стронций, барий) имеет концентрации, близкие к ПДК, хотя отдельные их значения превы-

шают ПДК. Третья группа микрокомпонентов (железо, бор, кобальт, свинец), а также нефтепродукты и СПАВ накапливаются в концентрациях выше ПДК. С этими компонентами связано ухудшение экологической обстановки территории ОГОКа.

Выявленные закономерности формирования режима подземных вод в условиях техногенеза позволили создать гидродинамическую модель фильтрации подземных вод территории ОГОКа, оптимизировать наблюдательную сеть, оценить эффективность эксплуатации дренажных систем и разработать рекомендации по улучшению экологической обстановки территории ОГОКа.

Список литературы: 1. Анпилов В.Е. Формирование и прогноз режима грунтовых вод на

застраиваемых территориях. М.: Недра, 1984. 161 с. 2. Анпилов В.Е. Закономерности формирования режима грунтовых вод в районах горнорудных предприятий Никопольского марганцеворудного бассейна // Инж. геология. 1990. № 4. С. 35 - 40. 3. Анпилов В.Е. Механизм формирования режима подземных вод в основаниях промышленных площадок // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1990. № 2. С. 11 - 12. 4. Гидрогеология СССР. Т. V: Украинская ССР. 1971. 480 с. 5. Инструкция по гидрогеологическому и инженерно-геологическому обслуживанию горнодобывающих предприятий / Белгород: 1983. 94 с. 6. Рашетов И.К. Геолого-гидрогеологическое прогнозирование формирования пресных вод в малых артезианских бассейнах северо-западного Донбасса в условиях техногенеза: Автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук. Х., 1996. 28 с.

Поступила в редколлегия 12.10.97

УДК 502.8:624.131.1

О.А. КРАМАРЕНКО, Г.Г. СТРИЖЕЛЬЧИК, канд. геол.-мин. наук, В.В. СУХОВ

ЗАЩИТА ИСТОРИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

К основным процессам и явлениям, оказывающим большое влияние на сохранность исторических памятников и архитектурных сооружений относятся: сейсмичность, оползни, сели и лавины, абразия, карст и суффозия, просадка грунтов, а также подтопление и затопление.

Характерные проявления сейсмичности - деформация и разрушение зданий и сооружений. Основными видами защиты считаются усиление конструкций и улучшение свойств грунтов оснований, а основными методами защиты - устройство металлических бандажей, дренирование грунтов и силикатизация или цементация грунтов.

При оползнях происходят сдвигание земляных масс, разрывы и смещения строительных конструкций. Для защиты применяются дренирование территории, закрепление и выполаживание склонов. Основные методы защиты от оползней: сооружение горизонтальных перехватывающих дрен в тыловой части склона и

упорных призм в нижней части склона; срезка грунтов в верхней части склона; возведение подпорных и одевающих стенок, одерновка склона; использование анкеровных свай.

При селях и лавинах наблюдается разрушение и снос зданий и сооружений и преобразование рельефа. Среди видов защиты стоит отметить изменение направления движения снежных и грязевых масс и снижение скорости их движения. Этого можно достичь устройством лавинорезов и бетонных клиньев, а также отводящих лотков, селедуков, канав, отбойных валов и стенок.

Для абразии характерно преобразование береговой линии. С данным процессом можно бороться путем снижения энергии волн и укрепления берегов. А это, в свою очередь, достигается устройством каменной наброски, контбанкета свай, бетонированием прибрежной зоны буи, созданием волнорезов, искусствен-

ных подводных валов и подпорных стенок.

Карст и суффозия вызывают разрушение сооружений, зданий, провалы поверхности. Для борьбы с перечисленными явлениями нужно закрепление массива горных пород, усиление конструкций зданий и сооружений. Это обеспечивается усилением конструкций банджа, подводкой фундаментов консольного типа, заполнением пустот грунтоцементными и другими быстротвердеющими растворами, инъекционным закреплением суффозионных грунтов цементами, силикатными и полимерными растворами.

Просадку грунтов можно выявить по дополнительным осадкам оснований и деформациям строительных конструкций. Основные методы борьбы с просадкой: усиление конструкций и оснований тяжами, банджами, металлическими обоймами и закрепление грунтов силикатными и другими растворами, подводка дополнительных фундаментальных конструкций.

Подтопление и затопление чревата не только затоплением подземных частей

зданий и сооружений, коррозионным разрушением строительных конструкций. Для борьбы с этими явлениями устраивают дренажи и внутреннюю гидроизоляция. Среди основных методов защиты можно назвать строительные методы кольцевых и горизонтальных дренажей, вертикальных поглощающих скважин и колодцев, перехватывающих дренажей разных типов; выполнение внутренней гидроизоляции с применением специальных смол и герметиков.

Список литературы: 1. Анализ и разработка рекомендаций по инженерно-геологическому и геоэкологическому обоснованию строительства в особо сложных условиях. Отчет о НИР., УкрНИИТИЗ, д. с. 4,5,14. В., Харьков, 1996. 2. Руководство по наблюдениям за осадками и смещениями инженерных сооружений фотограмметрическими методами. М.: Недра. 1979. 3. Стрижельчик Г.Г. Проблемы инженерной геологии городов и возможные пути их решения // Инженерная геология. 1982. № 2.

Поступила в редколлегию 18.12.97

УДК 553.98 (447.6)

Д.К. НЕМЕЦ

ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ЧАБАНОВСКОЙ ПЛОЩАДИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Рассмотрим результаты разведочного бурения, проведенного на Чабановской площади. Последняя расположена в пределах северной краевой зоны Донбасса, которая представляет собой ступенеобразно погружающиеся в сторону приосевых частей Донбасса моноклинали, осложненные серией разрывных нарушений и прилегающих к ним брахиантиклинальных складок [1]. В пределах северной краевой зоны Донбасса самая южная серия разрывных нарушений носит название Краснорецких сбросов. И подавляющее большинство выявленных до этого времени газовых залежей в пределах северных окраин Донбасса связано со структурами, приуроченными к зоне Кра-

снорецких сбросов. Это Боровское, Лобачевское, Вергунское и другие месторождения, основные залежи которых приурочены к отложениям московского и башкирского ярусов среднего карбона [2].

Скважиной 1, пробуренной на Чабановской площади, фильтром в интервале 1691-1709 м были вскрыты песчаники башкирского яруса Б-13-14 (С₁⁵). Отрядами УкрНИИГаза и «Полтаванефтегазгеологии» в скважине были проведены газодинамические исследования. Из нее были отобраны пробы воды и газа, на разных режимах работы скважины определены дебиты газа и воды: Q_г = 20-24,5 тыс.м³/сут, Q_в = 1,44-6,0 м³/сут. На од-

ном из режимов работы скважины были измерены водный и конденсатный факторы: В.Ф. = 1416 см³/м³, К.Ф. = 60 см³/м³.

По результатам проведенных исследований был сделан вывод об ограниченных размерах вскрытого газового скопления.

Башкирский ярус еще в 60-х гг. опробован на соседних с Чабановской площадях: Боровской (скважина 5), Вергунской (скважина 1), Лобачевской (скважина 4). Результаты опробования сведены в табл. 1 и 2. В эти же таблицы включены результаты опробования скважины 1 Чабановской площади.

В пределах Вергунской площади в 1965 г. отобраны четыре пробы воды. В табл. 1 включена последняя проба, отобранная в июне 1965 года. Воды Вергунской площади хлоркальциевого типа, низкометаморфизованные ($\frac{rNa}{rCl} = 0,86$), недо-

насыщенные сульфатами ($\frac{rSO_4}{rCl} \cdot 100 = 0,027$). Вода, отобранная из скважины 4 Лобачевской площади, по компонентному составу, плотности, минерализации и содержанию микроэлементов близка к воде Вергунской площади.

На Чабановской площади из скважины 1 с небольшим интервалом времени (несколько суток) было отобрано три пробы воды. Однако данные по первым двум пробам в табл. 1 не приводятся, поскольку в них заметно присутствие фильтрата. Об этом свидетельствует повышенное содержание сульфатов в первых двух

пробах (коэффициент $\frac{rSO_4}{rCl} \cdot 100$ изменился от 1,14 в первой пробе до 0,44 в последней), занижены также значения J и Bг (коэффициент $\frac{Cl}{B}$ изменился от 1323 в первой пробе до 257 в последней). Увеличилась и плотность: с 1,0774 г/см³ в первой пробе до 1,0969 г/см³ в последней. Воды Чабановской площади хлоркальциевого типа, высокометамор-

физованные ($\frac{rNa}{rCl} = 0,58$). В целом следует сделать вывод о том, что постоянное

снижение содержания сульфатов и рост во времени содержания J и Bг в последовательно отобранных пробах воды свидетельствуют о притоке пластовых вод из водонасыщенных горизонтов, приуроченных к отложениям башкирского яруса.

Проанализировав характерные коэффициенты вод, отобранных на сравнимых площадях (Лобачевской, Вергунской и Чабановской), можно сделать вывод, что они сходны по химическому составу. Это седиментогенные рассолы хлоркальциевого типа. Такие рассолы характерны и для средненижнекаменноугольных отложений юго-восточной и средней частей Днепровско-Донецкой впадины [3; 4].

Газы, отобранные на описываемых площадях, имеют углеводородный состав и характеризуются большим разнообразием. Так, газы Вергунской и Боровской площадей обогащены метаном ($\sum m. y. > 20$), его содержание на Вергунской площади колеблется в пределах 81,91 - 87,07 %, на Боровской составляет 82,9 %. Содержание азота в них равно 7,7 - 13 % и 9,3 %. Газ Вергунской площади обогащен гелием (He/Ar = 2,4 - 7,3), на Боровской площади содержание гелия и аргона в составе газа не определялось.

Газы, отобранные на Лобачевской и Чабановской площадях, наоборот, обогащены тяжелыми углеводородами ($\sum m. y. < 20$), содержание метана в них составляет соответственно 87,48 % и 82,32 %. Содержание азота в газах Лобачевской площади составляет 9,37 %, в газах Чабановской площади - 9,53 %.

В составе газа, отобранного на Чабановской площади, можно заменить особенность, которая отличает его от газов, отобранных на Вергунской, Боровской и Лобачевской площадях. Это повышенное содержание тяжелых углеводородов (до гексана включительно): $\sum m. y. = 7,5$, что указывает на возможность нахождения на Чабановской площади газоконденсатных и нефтяных залежей.

Результаты химических анализов пластовых вод каменноугольных отложений Вергунской, Лобачевской и Чабановской площадей

Показатели	Площадь, № скважины, интервал опробования, м		
	Вергунская, №1, 2110-2120	Лобачевская, №4, 2450-2468	Чабановская, №1, 1691-1709
Дата отбора	13.06.65	1965	24.11.96
Плотность, г/см ³	1,0478	1,0490	1,0969
Показатель рН	8,0	7,6	6,2
Содержание анионов:			
Cl ⁻ :			
мг/л	41535,00	41435,01	74466,00
мг-экв./л	1170,00	1168,50	2100,00
%экв.	49,43	49,18	49,62
SO ₄ ²⁻ :			
мг/л	15,63	16,46	446,78
мг-экв./л	0,32	0,34	9,29
%экв.	0,01	0,02	0,22
HCO ₃ ⁻ :			
мг/л	427,00	671,00	402,60
мг-экв./л	7,00	11,0	6,6
%экв.	0,29	0,8	0,16
Содержание катионов:			
Na ⁺ + K ⁺ :			
мг/л	23030,36	21845,28	27965,47
мг-экв./л	1001,32	948,92	1215,89
%экв.	42,53	41,83	28,73
Ca ²⁺ :			
мг/л	2766,90	3722,23	14028,00
мг-экв./л	138,00	185,74	700,00
%экв.	5,86	7,12	16,54
Mg ²⁺ :			
мг/л	462,08	549,39	2432,00
мг-экв./л	38,00	45,18	200,00
%экв.	1,61	1,05	4,73
Общая минерализация, г/л	68,24	68,24	119,74
Содержание микрокомпонентов, мг/мл:			
NH ₄	64,80	-	-
J	10,08	16,07	4,23
Br	119,76	229,19	289,44
Характерные коэффициенты:			
2Na/(2Cl)	0,86	0,84	0,58
(2Cl - 2Na)/(2Mg)	4,45	7,10	4,42
2SO ₄ /(2Cl)	0,03	0,04	0,44
2Ca/(2Mg)	3,63	6,78	3,50
Cl/B	347,0	180,8	257,0
Тип воды по В.А. Сулину	хк	хк	хк

Состав газов в пластовых водах
Вергунской, Лобачевской, Боровской и Чабановской площадей

Показатели	Площадь, № скважины, интервал опробования, м					
	Вергунская, № 1, 2110 - 2120			Лобачевская, № 4, 2450 - 2468	Боровская, № 5, глубина отбора 200 м	Чабановская, № 1, 1691 - 1709
	Проба 1	Проба 2	Проба 3			
Дата отбора	06.03.65	06.03.65	16.03.65	1965	06.02.65	21.09.96
Плотность, г/см ³	0,646	0,627	0,625	0,629	0,663	0,661
Содержание компонентов, %						
метана	81,98	87,01	87,04	87,48	82,99	82,32
этана	2,85	2,64	2,23	5,54	1,83	4,39
пропана	1,12	0,76	0,68	2,03	1,17	1,91
изобутана	0,17	0,15	0,15	0,13	0,62	0,21
н-бутана	0,25	0,16	0,20	0,33		0,53
неопентана	-	-	-	-	-	0,01
изопентана	0,05	0,05	0,05	0,07	0,08	0,10
н-пентана	0,05	0,05	-	0,07		0,12
гексана и высших	-	-	-	0,14	-	0,34
суммарное						
тяжелых углеводородов	4,49	3,81	3,31	8,31	3,70	7,57
водорода	Н.о.	Н.о.	Н.о.	0,64	Н.о.	Н.о.
диоксида						
углерода	0,40	0,79	1,19	0,42	3,94	0,35
азота	13,0	7,71	8,35	3,02	9,37	9,53
гелия	0,11	0,07	0,08	0,13	Н.о.	0,20
аргона	0,02	0,01	0,03	Н.о.	Н.о.	Н.о.

Примечание: Н.о. - не определялось.

Результаты анализа гидрохимических и газовых показателей свидетельствуют о высокой перспективности отложений среднего и нижнего карбона в пределах расположения площади, что подтверждает выводы, сделанные ранее [3 - 5].

В заключение необходимо отметить, что, хотя гидрохимическая обстановка на Чабановской площади благоприятна для образования и сохранения нефтяных и газовых залежей, в скважине 1 было вскрыто лишь ограниченное скопление газа. По данным геофизических исследований в скважине 1 ниже по разрезу на расстоянии нескольких десятков метров от забоя скважины (который составляет 1721 м) в отложениях серпуховского яра нижнего карбона находится биогермное образование. В настоящее время бурение скважины 1 временно приостановлено, однако в скором оно будет продолжено. Есть основания полагать, что вскры-

тие серпуховского биогерма подтвердит высокую перспективность Чабановской площади относительно нефти и газа.

Список литературы: 1. Методические вопросы обоснования нефтегазогеолого-разведочных работ в пределах северной части Донбасса / А.Н. Истомин, Н.Ф. Брынза, Т.С. Цупило и др. // Материалы науч.-практ. конф. "Нафта і газ України - 96". 1996. Т. 1. С. 187 - 190. 2. Особенности геологического строения и перспективы доразведки Боровского, Лобачевского, Вергунского месторождений газа и повторного ввода в поисково-разведочное бурение Трехизбенской площади на северных окраинах Донбасса / А.Н. Истомин, Т.С. Цупило, Л.Л. Коновалова, А.А. Шевченко // Там же. С. 192 - 194. 3. Терещенко В.А. Возможности поисков залежей углеводородов в Днепровско-Донецкой впадине на небольших глубинах // Там же. С. 52 - 53. 4. Терещенко В.А., Кормилец Ю.С., Завальная Л.В. Гидрогеологические критерии оценки перспектив газонефтеносности локальных поднятий Днепровско-Донецкой впадины // Развитие газовой промышленности Ук-

раинской ССР. М., 1972. С. 239 - 250. 5. Терещенко В.А. Новые данные о газонасыщенности подземных вод палеозойских отложений Днепровско-Донецкой впадины // Вопросы

развития газовой промышленности Украинской ССР. М., 1964. С. 214 - 221.

Поступила в редколлегию 17.10.98

ГЕОГРАФИЯ

УДК 502: 061

И.Г. ЧЕРВАНЕВ, д-р техн. наук

ПРОБЛЕМЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ – СКВОЗЬ ПРИЗМУ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КАФЕДРЫ

В работе представлены итоги исследований, проведенных на кафедре геоморфологии и природоохранных компьютерных технологий (до 1996 г. – кафедра рационального использования природных ресурсов и охраны природы) Харьковского университета.

Проблема городской среды и ее самоочищения. Эта проблема активно и последовательно разрабатывается с момента образования кафедры. Начало было положено исследованиями И.М. Подобы, Л.В. Лапчинской, Г.Е. Мирки, Н.С. Демченко, А.В. Климова, О.В. Полевича, группы технических средств контроля среды (с 1984 г.) и лаборатории мониторинга (1986–1991 гг.). Исследования сосредоточивались на изучении различных объектов городской среды, относящихся к числу экологически напряженных, и на разработке методов экспрессного анализа загрязнения почвы, поверхностных и подземных вод, биологических объектов и даже наиболее доступных и информативных компонентов человеческого тела с помощью рентген-флуоресцентных анализаторов (РФА).

В ходе работ такого рода выкристаллизовалась концепция самоочищения городской среды за счет взаимодействия воздушного переноса, поверхностного и подземного стоков, ландшафтно-геохимических барьеров и других структур. Наи-

более полно она изложена в работах [1–3]. В последней из них, а также в кандидатской диссертации К.Б. Лыонга [4] введено и обосновано понятие урболандшафтно-геохимической системы – пространственно-функционального образования, в котором происходят процессы поступления, переноса, распределения, депонирования и др., т.е. все то, что отличает городские ландшафты от пассивной среды, понимаемой буквально. Кроме того, описаны ландшафтно-геофизические и геохимические механизмы самоочищения.

Концепция и результаты этих исследований излагались нами в Карлсруэ на конференции «Воздействие технологической цивилизации на окружающую среду. Ситуация на постсоветской территории» в нескольких докладах [5]. В 1996–1997 гг. исследования поддерживались Фондом Дж. и К. Макартуров, который установил индивидуальный грант #96-4118OA-FSU на реализацию проекта «Загрязненность почв крупного города тяжелыми металлами как геоэкологический фактор, лимитирующий устойчивое развитие (на примере Харькова, Украина)». Это свидетельствует о заинтересованности на международном уровне в исследованиях такого рода.

Проблема опустынивания. Интерес к проблеме и первый фактический мате-

риал, касающийся опустынивания, появились на кафедре благодаря участию в научно-публицистической экспедиции «Арал-88». На основании анализа большого фактического материала, охватывающего около 20 лет тотального развития гидромелиорации, было сформулировано и обосновано понятие экологического автогеноцида как такого изменения природной среды, создаваемого направленной человеческой деятельностью, когда становится невозможным, генетически опасным само проживание людей в этой среде [6].

Основные результаты исследований проблемы опустынивания были получены аспирантами кафедры – иностранными гражданами, которые имели возможность, кроме непосредственного изучения явления на территории своих стран, обобщить труднодоступные материалы международных организаций и программ: ЮНЕСКО, ЮНЕП, КИЛСС и др. Разрабатывая проблему, аспиранты пользовались оригинальными теоретическими подходами, сформировавшимися на кафедре.

Так, Б. Сало удалось одному из первых заметить существование в субгумидном поясе, окаймляющем Сахель («берег пустыни») с юга, т.е. вдали от фронта пустыни, возникновение своего рода предвестников опустынивания – ядер опустынивания, от которых, как он смог показать, процесс развивается по принципу положительной обратной связи [7]. Таким образом, было установлено, что опустынивание не является фронтальным процессом, как это считали западные специалисты.

Данное направление оказалось плодотворным и приобрело в последующем характер концепции, позволившей изучить саморегулирование процесса и исследовать устойчивость геосистем в условиях переходного состояния [8;9]. В частности, было установлено наличие двух способов саморегулирования процесса опустынивания – стабилизационного (с отрицательной обратной связью) и прогрессирующего (с положительной). Кроме того, найден параметр, который определяет переход системы из одного режима саморегулирования в другой, – биомасса растительности. Таким обра-

зом, был показан биогеофизический характер процесса [8].

Удалось исследовать устойчивость геосистем в зависимости от антропогенной и пастбищной нагрузки. К. Брулей, используя представление о пластичности, введенное М.Д. Гродзинским, ввел понятие эластичности геосистемы по отношению к нагрузке как свойства плавного изменения динамического состояния без перестройки структурно-функциональной организации [9]. Исследование эластичности привело к выводу, что изменение степени устойчивости экосистем, наблюдаемое при преобразовании субгумидного типа климата в семиаридный (т.е. в условиях Сахеля), происходит благодаря переходу показателя эластичности через минимум [9]. Вследствие этого временно утрачивается способность экосистемы к саморегулированию (рис. 1).

Исследованию опустынивания в Передней Азии была посвящена работа М. аль Хавальди [10]. В указанном регионе, в отличие от Сахеля, существенными оказались литогенная основа и история длительного освоения территории. В результате комбинированного взаимодействия этих факторов на протяжении более тыс. лет сформировались ядра опустынивания двух типов – дезортификационного и антропогенно-дигрессионного. Первые из них всецело определяются, по мнению М. аль Хавальди, экстремальными условиями местности, а вторые – взаимодействием стихийного природного пользования, с одной стороны, и сочетанием циркуляционного, энергобалансового и воднобалансового регулирующих природных механизмов – с другой (рис. 2). В работе [10] показано изменение составляющих теплового баланса в зависимости от состояния ландшафта на региональном уровне (рис. 3).

Удалось наполнить конкретным содержанием понятие коэволюции применительно к аридным регионам древнего освоения. С учетом этих обстоятельств М. аль Хавальди предложена программа комплексной борьбы с опустыниванием, опирающаяся на подавление механизмов саморегулирования с положительной обратной связью как в природной, так и

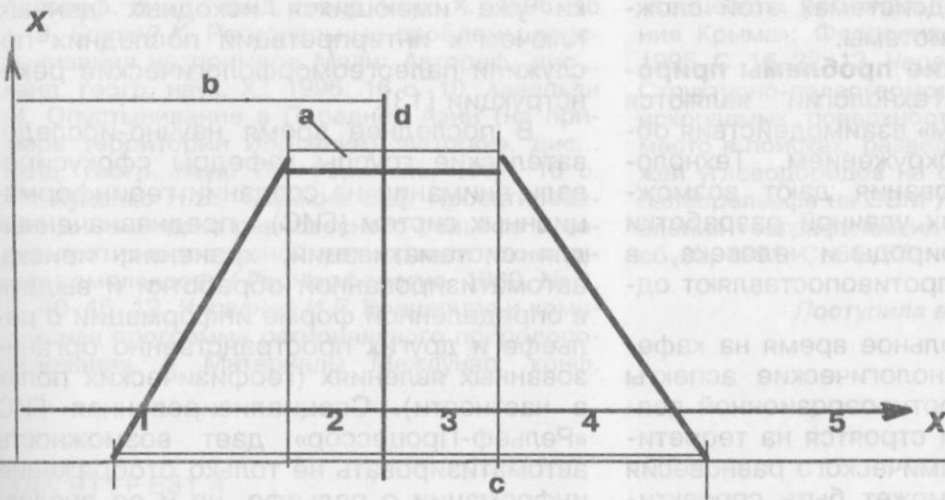


Рис. 1. Характеристика эластичности системы (по [9], с дополнениями):

X- изменение фактора (давление на экосистему); Y- состояние экосистемы; a - интервал устойчивости (независимость от флуктуаций фактора); b - интервал положительного знака реакции; c - интервал существования экосистемы; d - вертикаль, отвечающая экстремуму (смена знака -реакции экосистемы); 1 - 5 - характерные (преломные) значения фактора, приводящие к смене эластичности



Рис. 2. Дигрессия ландшафта как фактор самоусиления опустынивания (по [8; 10]):

+ -прогрессирующий способ саморегулирования; утолщенной рамкой выделено управляющее ядро системы

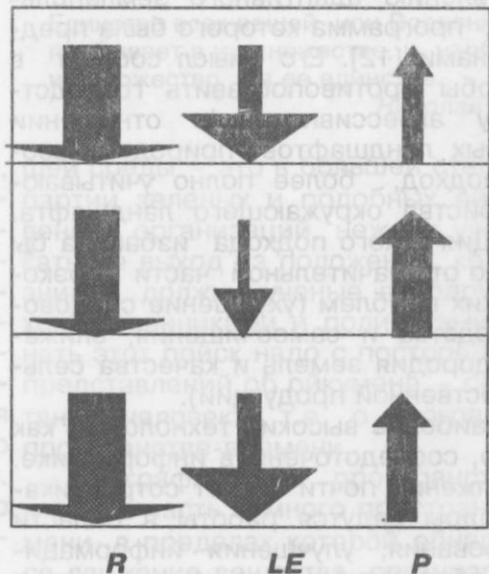


Рис. 3. Изменение соотношения основных составляющих теплового баланса в разных ландшафтах аридного пояса (по [8]):

R- радиационный бюджет, LE- затраты тепла на испарение; P - турбулентный теплообмен. толщина стрелок отвечает мощности потока энергии

антропогенной подсистемах этой сложной гетерогенной системы.

Технологические проблемы природопользования. Технологии являются «приводным ремнем» взаимодействия общества со своим окружением. Технологии природопользования дают возможность в случае их удачной разработки соединить силы природы и человека, в противном случае противопоставляют одно другому.

Довольно длительное время на кафедре изучались технологические аспекты рекультивации и противозерозионной деятельности [11]. Они строятся на теоретической основе динамического равновесия рельефа, которое может быть спроектировано определенными средствами. Это дает возможность отказаться от упрощения, выравнивания рельефа, чтобы избежать последующего эрозионного расчленения.

В технологической канве исследований определенное место принадлежит осуществлению адаптивного землепользования, программа которого была предложена нами [12]. Его смысл состоит в том, чтобы противопоставить господствующему агрессивному (в отношении природных ландшафтов) природопользованию подход, более полно учитывающий свойства окружающего ландшафта. Реализация такого подхода избавила бы общество от значительной части геологических проблем (ухудшение средовспроизводства и самоочищения, снижение плодородия земель и качества сельскохозяйственной продукции).

Но наиболее высокие технологии, как известно, сосредоточены в информатике. На протяжении почти 20 лет сотрудниками кафедры ведутся работы в области моделирования, улучшения информационного обеспечения проектирования и разработки залежей углеводородов в различных регионах бывшего СССР, созданию геоинформационных систем и технологий. На месторождении Медвежье (север Западной Сибири), которое долгое время служило своеобразным полигоном разработки информационных технологий в этой сфере деятельности, были показаны возможности получения вторичной информации путем определенной обработ-

ки уже имеющихся исходных данных. Ключом к интерпретации последних послужили палеогеоморфологические реконструкции [13].

В последнее время научно-исследовательские группы кафедры сфокусировали внимание на создании геоинформационных систем (ГИС), предназначенных для систематизации, хранения, поиска, автоматизированной обработки и выдачи в определенной форме информации о рельефе и других пространственно организованных явлениях (геофизических полях в частности). Специализированная ГИС «Рельеф-Процессор» дает возможность автоматизировать не только отображение информации о рельефе, но и ее анализ, что существенно расширяет исследовательский аппарат геоморфолога и перспективно в тех приложениях, где рельеф (в виде цифровой модели или непосредственно) выступает определяющим фактором принятия решений.

Настоящее время является своего рода пробным камнем для географии: она должна стать в полной мере современной, т.е. методически оснащенной и проблемно актуальной наукой. В русле такого подхода коллектив кафедры неуклонно ищет способы прорыва в сферу природоохраных геотехнологий.

Список литературы: 1. *Городская среда: географический анализ загрязнения, самоочищение земель, возможные влияния на здоровье / АНТК Украины, Харьков. ун-т. Х.: Харьков. гос. ун-т, 1994. 81 с.* 2. *Черваньов І.Г., Бортнік Л.М., Ричак Н.Л.* Вплив забруднення на якість та стан ґрунтів великого міста (на прикладі Харкова) // Укр. геогр. журн. 1996. № 1. С. 24-31. 3. *Черванев І.Г.* Проблеми городской среды глазами эколога // Регион. Пробл. и перспективы. 1997. № 1. С. 58-63. 4. *Льонг К.Б.* Географические условия загрязнения и миграции тяжелых металлов в почвах Харькова: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Х., 1994. 16 с. 5. *Technological civilization impact on the Environment. Situation in the post-Soviet area: Intern. Symp., Karlsruhe, 1996: Abstracts. Karlsruhe, 1996. 129 p.* 6. *Черванев И.* Арал. Возможен ли региональный автоэкогеноцид? // Современ. высш. шк. Журн. стран - чл. СЭВ. Варшава, 1989. № 3. С. 106-118. 7. *Сало Б.* Опустынивание Сахельской зоны Африки (на примере Буркина-Фасо): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Х., 1993. 20 с. 8. *Кидане П.* Экологическая роль региональных геофизических процессов в Сахельской зоне Африки.

Автореф. дис.... канд. геогр. наук. X., 1996. 16 с. 9. *Брулей К.* Региональные проблемы опустынивания на примере Мали: Автореф. дис... канд. геогр. наук. X., 1996. 16 с. 10. *Хавальди М.* Опустынивание в Передней Азии (на примере территории Иордании): Автореф. дис... канд. геогр. наук. Симферополь, 1997. 16 с. 11. *Куценко Н.В., Сорокин В.Д.* Проектирование динамически равновесного рельефа в целях противозерозионной мелиорации техногенных комплексов // Геоморфология. 1989. № 1. С. 40-46. 12. *Черванев И.Г.* Концепция и комплексная программа регионального природопользования // Материалы Междунар. конф.

«Концепции регионального природопользования Крыма»: Феодосия, 1994. Симферополь, 1995. С. 16-22. 13. *Черванев И.Г., Жемеров А.О.* Структурно-палеогеоморфологический анализ ископаемых поверхностей и его возможное место в поисках, разведке и разработке залежей углеводородов на основе моделирования палеорельефа на ЭВМ // Современные направления географических исследований: Темат. сб. X., 1991. С. 66-77.

Поступила в редколлегию 02.12.97

УДК 911+ 631.4

А.П. КОВАЛЕВ, д-р геогр. наук

ПРОБЛЕМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ «ОБЩЕСТВО – ПРИРОДНАЯ СРЕДА» В КОНТЕКСТЕ ЭВОЛЮЦИИ ГЕОПРОСТРАНСТВА

Единство всех вещей, или Вселенная, пребывает в их множестве, и, наоборот, их множество – в ее единстве...

Николай Кузанский

Видимо, сейчас трудно найти человека, безразличного к экологическим проблемам. Чернобыльская трагедия резко ускорила становление и распространение экологической идеологии, которая стала проникать в разум самых разных слоев населения. В относительно короткие сроки происходит коренная перестройка взглядов людей на окружающую среду и последствия своей деятельности. Этот процесс можно назвать экологизацией мировоззрения. Экологизированный взгляд на окружающую среду становится главной особенностью культуры современного общества.

В то же время совершенно ясно, что диффузия экологической идеологии сама по себе не может привести к решению назревших экологических проблем. Понимание существования проблемы населением еще не означает, что население само начнет регулировать производственную деятельность в целях уменьшения загрязненности среды и т.п. И вообще, борьба за чистоту и сохранение окружаю-

щей среды – это в большей степени дело партии зеленых и подобных ей общественных организаций, нежели ученых. Искать же выход из положения, которое возникло, должны ученые в содружестве с хозяйственниками и политиками. А начинать этот поиск надо с построения четких представлений об ойкумене – среде обитания человека, т.е. о географическом пространстве-времени.

Географическое пространство-время – это та часть земного пространства-времени, в пределах которой обнаруживается движение вещества, организованное в геосистему. Под геосистемой нами понимается совокупность коррелированных потоков вещества атмосферы, гидросферы и литосферы, образующих на земной поверхности морфологически выраженную структуру, связанную с этими потоками обратными связями. Структура, образуемая под действием геосистемы, в определенной мере отражает действие принципов оптимизации, и после форми-

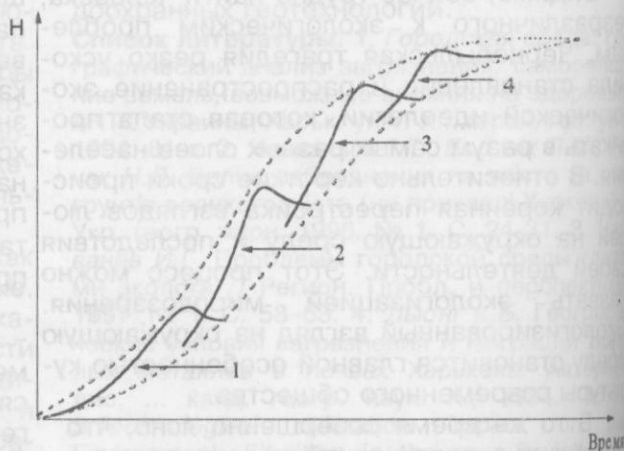
рования она накладывает ограничения на движение этих потоков, стремясь закрепить близкий к оптимальному режим их движения.

В соответствии с современными представлениями [3] географическое пространство-время имеет сложную структуру, отражающую его эволюционный путь. Каждый новый эволюционный виток сопровождался появлением геосистем нового типа с более высоким уровнем организации, что вело к более сильной дифференциации части исходного (косного) геопространства. Причем вся географическая структура развивалась на фоне предварительно возникшей в поле гравитации Земли дифференциации земного пространства. Частями последнего являются атмосфера, гидросфера, литосфера, мантия и ядро. Первые три из них ошибочно до сих пор именуется геосферами, хотя их происхождение не связано с действием геосистем. А вот их дальнейшая дифференциация уже обусловлена действием геосистем. Таким образом, географическое пространство-время складывается из множества геосистем, которые поддерживают его дифференциацию и ведут к образованию новых уровней организации. Все множество процессов в геосистемах создает совокупный направленный эффект, связываемый нами с представлением о геопроцессе. Такой взгляд на географическое пространство-время предполагает необходимость выделения современного геопространства, совпадающего с областью действия современных геосистем, и палеогеопространства – остатков структур прошлого, сохранившихся в той или иной форме.

В структуре географического пространства-времени следует различать геосистемы трех уровней организации и геокомплексы, им соответствующие: косные, биотизированные и антрополизированные. Они перечислены в порядке их возникновения. Каж-

дый новый тип геосистем в процессе своего формирования формировал новую структуру, которая встраивалась в уже существующую дифференциацию. Процесс этот не мог не порождать конфронтации, поскольку каждая структура консервативна и сопротивляется изменениям, стремясь подавить возникшие флуктуации. В описанной ситуации выжить могут лишь такие структуры, которые имеют достаточное внутреннее разнообразие и собственные функции которых оказываются полезными в рамках систем более высокого ранга. Последнее означает, что между старой и новой структурами, в конце концов, может возникнуть сродство, что позволяет им выйти на коэволюционную траекторию развития.

Имели ли место такие процессы в ходе формирования биоты? Без сомнения, имели. Биота стала важнейшим регулятором темпа круговорота литосферного вещества, направляющего солнечную энергию в земные недра, а, следовательно, и регулятором соотношения площадей океана и суши. Биота осадил в атмосфере углекислый газ. Особенно ярко проявляется коадаптация между содержанием кислорода в атмосфере и эволюцией рас-



Основные этапы эволюции, структуры геопространства, связанные с возникновением:
 1 – косной геосферы; 2 – биосферы;
 3 – антропосферы; 4 – ноосферы

тений. Как известно, если содержание свободного кислорода в атмосфере превысит 25 %, может начаться самопроизвольное возгорание биоты. В истории нашей планеты содержание свободного кислорода в атмосфере могло дважды превысить это критическое значение [1], что не могло не привести к жесткой регуляции фотосинтеза, а значит, и биопродукции. Целые сообщества должны были уступить место видам с более низкой продуктивностью или сообществам с более сложной и совершенной системой регуляции. Происходило формирование биотизированных геосистем современного типа. Это достигалось благодаря росту видового разнообразия и конкурирующих между собой биогеоценозов. Так постепенно возникала Гея – сложная система взаимосвязей биоты и косной среды. На этом эволюционном пути в конце концов были «найден» и почвы с их сложным набором функций. Как следствие возникновения Геи, на сегодня имеется стабилизированная среда обитания – биосфера Земли. Но именно стабилизация жизненно важных характеристик среды является главным условием развертывания эволюционного процесса – направленного процесса формирования все более сложно организованных живых организмов и их сообществ. Это было достигнуто благодаря появлению биогеоценозов современного типа, которые можно рассматривать как квазикогнитивные системы, поскольку они обладают механизмами, позволяющими не только поддерживать устойчивую внутреннюю среду, но и отслеживать изменения во внешней среде [3].

Как известно, совокупность биотизированных геосистем формирует биосферу Земли, отличающуюся, однако, сложной пространственной структурой. Последняя является в значительной степени отражением распространения областей с особыми, наиболее благоприятными для жизни условиями. Эти области связаны с так называемыми активными поверхностями, которые возникают в зонах контактов веществ с разными физическими и химическими свойствами. Таким образом, как и в геопространстве в целом, биосфера не заполняет все пространство

вложения. Она оказывается буквально встроенной в косное географическое пространство-время.

С появлением человека в геопространстве начинает зарождаться новый организационный уровень – антропосфера. Геоэлементами на этом уровне уже выступают антропотизированные геосистемы – сложная совокупность коррелированных движений вещества, являющаяся следствием наложения потоков, связанных с производственной деятельностью, на природные процессы. Функционирование геосистем привело к появлению структур, получивших название территориально-производственных комплексов. Вся история развития антропосферы может служить ярким примером зарождения в рамках существующей структуры и развития флуктуации, которая в конце концов вызвала существенное преобразование этой структуры. В целом весь процесс эволюции геопространства можно представить так, как это показано на рисунке. Зарождение геосистем любого уровня организации предполагает постепенное расширение пространства их действия и вытягивание в движение новых масс вещества (стадия экстенсивного развития), что вызывает рост структурной энтропии. Захватив максимально возможное пространство, геосистемы переходят на траекторию интенсивного развития, что сопровождается появлением механизмов гомеостаза и, следовательно, уменьшением количества степеней свободы системы. Эта стадия сопровождается ростом эффективности функционирования геосистем.

Такой взгляд на эволюцию геопространства допускает, что после достижения максимума на стадии экстенсивного развития антропотизированное геопространство как целое должно трансформироваться, несколько уменьшив свои размеры.

После этого геопроцесс пойдет на следующий эволюционный виток. Тут и возникают наиболее интересные вопросы. Чем обусловлена дальнейшая эволюция геопространства? Какова роль в этом движении человека? Можно ли управлять геопроцессом, изменяя его направленность? Попробуем на них ответить.

Представляется, что дальнейшая эволюция геопространства связана с развитием человеческого общества, которое

становится все более целостным и организованным. Однако понятие организации предполагает существование некоторой цели, для реализации которой данная организация (структура) формируется. Ранее нами было высказано предположение о том, что организмом человеческого мозга является вся Вселенная [2], а ведущей функцией человека в природе следует считать когнитивную функцию. Это означает, что эволюция Вселенной представляет собой единый процесс, направленный в сторону цефализации материи. Отсюда вытекает важное следствие: функционирование всех уровней организации географического пространства-времени связано с необходимостью создания и поддержания устойчивых благоприятных условий для реализации единственной функции – когнитивной. Об этом свидетельствует и вся сложная история социума, создавшего на удивление многогранную структуру производства, которая также эволюционирует. При этом все большее значение приобретает производство аппаратуры для передачи, сохранения и обработки информации. Интересно, что компьютерную технику следует рассматривать как дополнительное функциональное наложение мозга человека, существенно увеличивающее его возможности.

Итак, дальнейшая эволюция геопространства обусловлена необходимостью развертывания как ведущей когнитивной функции, носителем которой является человек. Остается определить, что для этого нужно.

Прежде всего, надо отметить, что такая сложная функция, как когнитивная, может быть развернута только в устойчивом обществе в пределах всей ойкумены, а также при условии, что данная функция осознана всем обществом в качестве его собственной функции. Это требует, с одной стороны, достижения равновесия в системе «общество – природная среда», а с другой – образования новой культурной среды, в которой деятели науки и искусства будут иметь привилегированное положение. Рассмотрим названные условия.

Вся история развития общества связана с конфронтацией между обществом

и природной средой. Сначала последствия такой конфронтации носили локальный характер. В наше время деятельность общества достигла таких размеров, что встал вопрос о глобальном экологическом кризисе. Выход заключается в снижении антропоного давления на природную среду. Этого можно достичь только путем сжатия антропотизированного геопространства – антропосферы. Но такое сжатие должно сопровождаться не просто механическим уменьшением производственной сферы и численности населения, а существенным изменением всей структуры общества и производства. Речь идет о самоорганизации антропосферы, формировании в ее пределах нового структурного компонента геопространства – ноосферы (кривая 4 на рисунке).

Каждый новый эволюционный виток начинается в эволюционной точке – некотором элементарном объекте. Таким объектом должна стать некоторая элементарная когнитивированная геосистема. Множество полученных геосистем должно в конце концов образовать ноосферу. Следовательно, не биосфера переходит в состояние ноосферы, как это до сих пор считалось, а ноосфера формируется как новый структурный уровень геопространства в пределах антропосферы.

Последний вопрос, который здесь рассмотрен, связан с проблемой человека. То, что сегодня называют глобальным экологическим кризисом, является в первую очередь проявлением внутреннего кризиса современного человека, который живет и действует в искусственной среде. Технологическое обеспечение современного производства требует от человека все большей специализации, что все в большей степени ограничивает его поисковую активность и сужает мировоззрение, делая его слишком упрощенным. В современном производственном процессе человек оказывается индивидом-винтиком, функционером, а потому не может воспринимать свою среду иначе, как с точки зрения своих ограниченных потребностей. Он отдаляется от общих проблем, ограничиваясь кругом обычных нужд потребителя. Широкое распространение

получает эгоцентризм. В результате современный человек просто не в состоянии выйти на уровень осознания глобальных проблем. Таким образом, современный человек – это своего рода новый неандерталец. Последний, как известно, имел ряд негативных особенностей структуры мозга, который не смог экологически адекватно вписать «доверенный» ему вид в им же созданный социум. Современный человек – это тип, сложившийся в условиях гипертрофированной производственной сферы, и ему не под силу формирование какой-то иной культурной среды. Переход же к ноосфере невозможен без создания коллективного разума. Следовательно, речь идет о необходимости формирования человека нового типа – человека-личности. Для этого требуется в максимальной степени вывести человека из производственного процесса.

Человек будущего – это прежде всего человек-интеллигент, человек с особыми внутренними ограничениями, внутренне ориентированный на решение общих проблем. В то же время следует пони-

мать, что для появления и устойчивого воспроизводства такого человека необходима особая среда, которую любая современная социальная структура будет стремиться уничтожить. Значит, этим процессом надо управлять. Центры формирования новой культурной среды и нового человека должны быть отдалены от современных промышленных центров и агломераций. Их прообразами можно считать технополисы, которые уже в наше время создаются в наиболее развитых государствах – США и Японии. Именно они должны стать (не без конкуренции) ядрами формирования геоэлементов нового типа – когнитизированных геосистем, которые в будущем сформируют новый структурно-функциональный уровень нашей планеты – ноосферу. Тогда станет ясно, что все географическое пространство-время представляет собой единое целое, собственной функцией которого является реализация и воспроизводство единственной функции – когнитивной.

Поступила в редколлегию 09.10.97

УДК 551.4.01

Н.В. КУЦЕНКО, канд. геогр. наук

РАВНОВЕСИЕ В РЕЛЬЕФООБРАЗОВАНИИ

Теоретическое значение проблемы равновесия в рельефообразовании определяется возможностью познания основных закономерностей формирования рельефа, а практическое – возможностью контроля эрозионно-аккумулятивных процессов в конкретных условиях интенсивного природопользования. Теория равновесия, разработанная еще В.М. Дэвисом и В. Пенком [1], развивалась на протяжении всей истории геоморфологии и является главным ее достоянием. В последнее время эта теория была предметом многочисленных дискуссий, которые зачастую возникали из-за терминологической путаницы и не затронули сути теории [2–6]. В слове терминов общей гео-

морфологии дано следующее определение: «Равновесие геоморфологическое — 1. Состояние рельефа земной поверхности, когда все его элементы находятся в динамическом равновесии. 2. Состояние, соответствующее стадии зрелости цикла эрозии, характеризующееся медленным и равномерным врезанием русел рек и развитием склонов» [7, с. 96–97]. Определение нечеткое и неоднозначное. По нашему мнению, необходимо различать следующие виды равновесия в рельефообразовании.

1. Равновесие статическое, когда рельеф описывается уравнением

$$h = \text{const}; dh/dx = 0, \quad (1)$$

где h — высота; d — знак производной; x — координата, направленная по линии стока. Для простоты описание видов равновесия с помощью уравнений приведено для профиля склона. Статическое равновесие присуще идеальной равнине и характеризуется отсутствием литодинамических потоков. Нельзя согласиться с мнением А.С. Девдариани [8] о статическом равновесии профиля, имеющего определенный уклон. Выполаживание рельефа продолжается при наличии любого уклона.

2. Равновесие динамическое в определении А.В. Позднякова [9]:

$$\frac{dR}{dx} = V_t, \quad (2)$$

где R — расход литодинамического потока; V_t — скорость тектонического поднятия. Характеризуется полной компенсацией геодинамических потоков литодинамическими. При этом отметки рельефа остаются постоянными. Достижимо при длительном постоянстве условий морфолитогеоза на больших территориях.

3. Равновесие транспортное в определении Ф. Анерта [10], которое можно назвать литодинамическим, поскольку оно характеризует равновесный баланс литодинамических потоков. Является частным случаем динамического равновесия при отсутствии тектонических движений:

$$\frac{dR}{dx} = 0. \quad (3)$$

Отличается постоянством отметок рельефа на небольших в масштабах морфолитогеоза отрезках времени. Нарушается в ходе выполаживания рельефа.

4. Регулярный режим в формировании склонов в понимании С.С. Воскресенского [11]:

$$\frac{dR}{dx} = const. \quad (4)$$

Характеризуется формированием склонов с уклонами, которые обеспечивают постоянный модуль денудации и опускание отметок профиля с одинаковой скоростью. При этом профиль склона остается подобным самому себе. Более широкое определение регулярного режима принадлежит А.С. Девдариани [12]. Имеется в виду состояние рельефа, когда все его элементы полностью соответствуют условиям морфогенеза. Из определения неясно, что означает такое соответствие.

Для дальнейшего изучения равновесия в рельефообразовании нами разработана и реализована на ПЭВМ дискретная балансовая модель развития рельефа [13]. Целью эксперимента было формальное описание наиболее общего вида равновесия морфолитогеоза. На первом этапе моделировалось развитие профиля склона, который первоначально был прямолинейным с углом наклона 10° и длиной 200 м. Среднее значение модуля смыва на начальный период задавалось равным 50 т/га в год. Базис эрозии оставался постоянным. Результаты приведены в таблице.

Развитие профиля склона

Показатель	Значение показателя, м, для створа										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
x	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
$\Delta H_{t(1)}$	3,9	2,7	1,7	1,1	0,6	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0
$\Delta H_{t(2)}$	1,4	1,4	1,3	1,1	1,0	0,8	0,7	0,5	0,4	0,3	0,1
$\Delta H_{t(3)}$	0,9	0,7	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,0	0,0

В ней x — расстояние от вершины склона; $\Delta H_{(1)}$ — разности высот между начальным профилем и профилем через 10 тыс. лет; $\Delta H_{(2)}$, $\Delta H_{(3)}$ — разности высот между профилями, сформировавшимися через 20 и 30 тыс. лет, через 60 и 70 тыс. лет. Получены такие уравнения регрессии:

$$\begin{aligned} \Delta H_{(1)} &= -0,012x + 1,62; K_{V1} = 147 \% ; \\ \Delta H_{(2)} &= -0,008x + 1,19; K_{V2} = 42 \% ; \quad (5) \\ \Delta H_{(3)} &= -0,005x + 0,83; K_{V3} = 11 \% , \end{aligned}$$

где K_V — соответствующие коэффициенты вариации.

На последующих этапах эксперимента моделировалось развитие склонов, первоначально имевших сложную форму. Во всех случаях по истечении определенного времени устанавливалась тесная линейная зависимость между изменениями отметок и расстоянием от вершины склона. Чем сложнее первоначальная форма склона — тем больше требовалось времени для установления такой зависимости. Короткие прямые склоны, сложенные устойчивыми по отношению к денудации породами, сохраняли форму профиля, а короткие склоны любой первоначальной формы, сложенные рыхлыми породами, приобретали типичные выпуклые профили, вполне согласуемые с натурными наблюдениями.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что наиболее общим видом равновесия в рельефообразовании является постоянство приращений скорости денудации в пространстве от вершины к базису в каждый фиксированный момент времени. Другими словами, равновесие в рельефообразовании достигается при таком согласовании уклонов, которое обеспечивает уменьшение скоростей денудации от водораздельной линии к базису по линейному закону. Этот пятый вид равновесия для профиля склона описывается уравнением

$$\frac{d^2 R}{dx^2} = -const. \quad (6)$$

Левая часть уравнения уменьшается во времени по экспоненциальному закону, но остается постоянной по профилю в каждый фиксированный момент времени. Рельеф, обеспечивающий выполнение уравнения [6], наиболее устойчив в каждый конкретный момент времени и повышает свою устойчивость с течением времени. Такой рельеф можно назвать рельефом согласованных уклонов. Его изучение имеет важное практическое значение для оптимальной рекультивации земель и планирования противоэрозионных мероприятий.

Список литературы: 1. Болиг А. Очерки по геоморфологии. М. 1956. 262 с. 2. Карташов И.П. Баланс рыхлого материала в денудационных (склоновых) процессах // Геоморфология. 1975. № 2. С. 17 — 27. 3. Казанский Б.А. Роль уравнения диффузии в математической геоморфологии // Там же. 1990. № 2. С. 20 — 26. 4. Phillips J.D. The end of equilibrium? [Pap.] 23 rd Binghamton Symp. Geomorphol. "Geomorph. Syst." 25 — 27 Sept., 1992 // Geomorphology. 1992. N 5. P. 195 — 201. 5. Скоморохов А.И. О некоторых особенностях развития речных долин // Геоморфология. 1995. № 1. С. 23 — 29. 6. Спиридонов А.И. К вопросу о возвратно-поступательном развитии флювиального рельефа // Там же. 1996. № 2. С. 24 — 26. 7. Тимофеев Д.А., Уфимцев Г.Ф., Онухов Ф.С. Терминология общей геоморфологии. М. 1977. 200 с. 8. Девдариани А.С. Плоская математическая модель роста и разрушения горного поднятия // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1966. № 3. С. 7 — 10. 9. Поздняков А.В. Динамическое равновесие в рельефообразовании. М. 1988. 207 с. 10. Ahnert F. Brief description of a comprehensive three-dimensional process-response model of landform development // Ztschr. Geomorphology Suppl. 1976. Bd. 25. s. 29 — 49. 11. Воскресенский С.С. Динамическая геоморфология. Формирование склонов. М. 1971. 228 с. 12. Девдариани А.С. Профиль равновесия и регулярный режим // Вопр. географии. 1963. Вып. 63. С. 33 — 48. 13. Куценко М.В. Модель динаміки ерозійно-аккумулятивних процесів і створюваного ними рельєфу // Укр. геогр. журн. 1997. № 1. С. 17 — 23.

Поступила в редколлегию 14.10.97

В.К. СЛЮСАРЕНКО, д-р геогр. наук

ОСОБЕННОСТИ ОТРАЖЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР В СОВРЕМЕННОМ ПОГРЕБЕННОМ РЕЛЬЕФЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ДОНБАССА

В пределах северо-западного Донбасса эффективность геологических исследований и, в частности, поисковых работ на газ, бурый уголь и другие виды полезных ископаемых в значительной степени связана с изученностью погребенного рельефа.

Погребенные поверхности района исследований представляют собой выровненные денудационно-аккумулятивные поверхности, измененные последующими деформациями и экзогенными процессами. В геологическом отношении они являются поверхностями несогласия между смежными структурными этажами. Исследование таких поверхностей – один из наиболее эффективных методов выявления многих закономерностей формирования морфоструктур и неотектонических структур [1 – 3].

Рельеф поверхности кристаллического фундамента. Современная поверхность кристаллического фундамента представляет собой отчетливо выраженную поверхность несогласия, которая отделяет докембрийский структурный комплекс от осадочного чехла.

Несмотря на явно недостаточную изученность поверхности докембрийского фундамента, можно утверждать, что основные черты ее рельефа обнаруживают сходство с крупными структурными элементами осадочного чехла. Так, наиболее погруженный участок фундамента соответствует центральной части Бахмутской котловины, а большинство глубинных разломов находит отражение в региональных нарушениях и зонах сочленения крупных структур. Глубинные корни имеют Марьевский и Северодонецкий надвиги, Криворожско-Павловский сброс, зона сочленения Бахмутской и Кальмиус-Торецкой котловин и др.

Рельеф поверхности палеозойского структурного этажа. Поверхность несогласия, разделяющая палеозойский ($D_{2,3} - C - P$) и мезозойский ($T - J - K$) структурные этажи, фиксирует крупный переыв в осадконакоплении, обусловленный тектоническими движениями заальской фазы герцинской складчатости и последующим выравниванием рельефа. Ранне-мезозойская поверхность выравнивания была деформирована последующими тектоническими движениями (пфальцскими, киммерийскими, ларамийскими, савскими, неотектоническими).

Современный погребенный рельеф поверхности палеозойского этажа весьма четко фиксирует мезозойский структурный план. Структуры же палеозойского этажа характеризуются значительными плановыми смещениями относительно форм рельефа рассматриваемой поверхности, что свидетельствует о частичной перестройке палеозойского структурного плана тектоническими движениями мезозоя и кайнозоя. Многие локальные поднятия, выраженные в рельефе поверхности палеозойского структурного этажа, являются наложенными, т.е. сформированными постпалеозойской тектоникой (Каменское, Святогорское и др.). В общем же преобладает прямой тип соотношения между характеризуемым рельефом и структурными планами – мезозойским и палеозойским.

Наиболее приподнятой является юго-восточная часть территории, примыкающая к "открытому" Донбассу, где палеозойский структурный этаж выходит на поверхность. К северо-западу он погружается под довольно мощный чехол мезозойских и кайнозойских отложений. Максимальной высотой (+ 320 м) отличается поверхность в пределах складчатого Донбасса. Высокие абсолютные ее отметки

наблюдаются и на таких локальных поднятиях, как Славянское (+ 200 м), Красноскольское (+ 110 м) и др. Наиболее глубокими депрессиями рассматриваемого рельефа являются Камышевахская и Краматорско-Часовьярская отрицательные структуры (до - 1500 м). Элементы разрывной тектоники также отчетливо фиксируются в рельефе анализируемой поверхности. Нарушения выражены, как правило, уступами со значительной вертикальной амплитудой (до 200 м).

Для более точной оценки характера сопряженности погребенного и видимого рельефа определен коэффициент корреляции ($r = 0,51$). Недостаточно высокое его значение [4] свидетельствует о том, что видимый рельеф заметно отличается от рельефа поверхности палеозойского структурного этажа.

Рельеф поверхности мезозойского структурного этажа. Мезозойские отложения в пределах северо-западной окраины Донбасса являются третьим структурным этажом (Т - J - K). От кайнозойского этажа (P - N - Q) его отделяет поверхность несогласия, отражающая региональный перерыв в осадконакоплении.

Наиболее выразительными формами рельефа поверхности мезозойского структурного этажа являются надштоковые прогибы палеогенового заложения, где абсолютные отметки снижаются до - 160 м (Бантышевский прогиб). Хорошо фиксируются в погребенном рельефе положительные локальные структуры центральной части Бахмутской котловины (Славянская, Сухокаменская и др.); абсолютные отметки здесь достигают 200 м. Локальные структуры мезозойского этажа находятся в самых разных соотношениях с соразмерными формами характеризуемого рельефа. Преобладает прямое соотношение. Обратным соотношением отличаются положительные локальные структуры, осложненные соляными штоками.

Положительные и отрицательные формы погребенного рельефа повторяются почти во всех соответствующих формах видимой поверхности. Количественным выражением высокой степени сопряженности погребенного и видимого рельефов является значительный коэффициент линейной корреляции ($r = 0,84$).

Рельеф кровли палеогеновых отложений. Морские олигоценые отложения характеризуются почти горизонтальным залеганием, что обусловлено слабой интенсивностью савских (преднеогеновых) и неоген-четвертичных тектонических движений [5]. Савская фаза альпийского тектогенеза в пределах северо-западной окраины Донбасса проявилась преднеогеновым поднятием территории и, в результате, регрессией олигоценового моря. Незначительные медленные опускания в миоценовое время послужили причиной преимущественно аллювиального осадконакопления и погребения поверхности палеогеновых отложений. В неоген-четвертичное время погребенная поверхность деформировалась неотектоническими движениями.

Погребенный рельеф кровли палеогеновых отложений в местах сравнительно хорошей его сохранности вполне удовлетворительно отражает известные геологические структуры. Из положительных форм рельефа, соответствующих купольным и брахиантиклинальным структурам мезозойского структурного этажа, наиболее отчетливо выражены Гавриловское, Добропольское, Мирнодолинское и Славянское поднятия. Относительные превышения этих поднятий составляют 20 - 25 м. Понижения рельефа рассматриваемой погребенной поверхности приурочены к Криволукской, Райско-Калиновской, Бантышевской отрицательным локальным структурам.

Надкупольные прогибы характеризуются аномально большими глубинами. Так, глубина Новодмитровского прогиба достигает 480 м, Степковского - 285 м, Берекского - 213 м. Эти формы погребенного рельефа имеют, как правило, эллипсоидную форму и сравнительно небольшие площади поверхности (1 - 17 км²). Наибольшие площади имеют прогибы, приуроченные к зоне сочленения Бахмутской и Кальмиус-Торецкой котловин. В течение почти всего олигоцена в прогибах интенсивно аккумуляровались песчаные глауконитовые отложения мелководного бассейна. Установившийся к концу палеогена континентальный режим благоприятствовал развитию здесь древесной растительности, которая в дальнейшем

послужила исходным материалом для образования линз бурого угля. Учитывая весьма значительную деформацию морской олигоценовой поверхности в пределах надштоковых прогибов, последние следует отнести к активным неотектоническим структурам.

Рельеф подошвы плиоцен-четвертичных отложений. Плиоцен-четвертичное время явилось периодом активных поднятий северо-западного Донбасса и расчленения ранее сформированных денудационных и аккумулятивных поверхностей.

Абсолютные отметки рассматриваемой поверхности на юго-востоке превышают 320 м. В северо-западной и западной частях района подошва плиоцен-четвертичных отложений характеризуется сравнительно небольшими абсолютными высотами (100 - 150 м). На фоне волнистой погребенной равнины выделяются положительные и отрицательные формы рельефа различных размеров и конфигурации. Отчетливо фиксируются террасированные речные долины, в пределах которых абсолютные отметки водораздельных пространств в большинстве случаев приурочены к известным локальным геологическим структурам. Так, абсолютная высота Славянского и Бугаевского поднятий по подошве плиоцен-четвертичных отложений достигает 200 м. Несколько меньшими отметками характеризуются Новобахметьевское, Гавриловское (165 м) и другие поднятия. Положительные тектонические локальные структуры более или менее отчетливо выражены также в деформациях цоколей аллювиальных террас (Краснооскольская, Дробышевская и др.). Отрицательные локальные структуры в рассматриваемом погребенном рельефе почти не фиксируются, если не считать некоторых надштоковых прогибов. Последние представляют собой эллипсоидные понижения глубиной 30 - 60 м. Сопоставление рельефа подошвы плиоцен-

четвертичных отложений с видимым рельефом свидетельствует о весьма высокой их сопряженности ($r = 0,87$).

В заключение можно сделать следующие выводы:

- погребенный рельеф региональных поверхностей несогласия наиболее близок к геологической структуре самого молодого комплекса отложений, что свидетельствует о значительном выравнивании поверхностей перед новой фазой поднятия и расчленения;

- в рельефе молодых погребенных поверхностей, которые деформированы тектоническими движениями не древнее кайнозойских, находит прямое выражение большинство локальных структур палеозойского и мезозойского заложения;

- наиболее высокой сопряженностью характеризуются видимый рельеф и рельеф подошвы плиоцен-четвертичных отложений ($r = 0,87$); менее тесной корреляционной связью отличаются видимый рельеф и рельеф поверхности мезозойского структурного этажа ($r = 0,84$); наименьшей степенью сопряженности характеризуются видимый рельеф и рельеф поверхности палеозойского структурного этажа ($r = 0,51$).

Список литературы: 1. Мещеряков Ю.А. Структурная геоморфология равнинных стран. М.: Наука, 1965. 391 с. 2. Кошик Ю.А. Комплексный региональный палеогеоморфологический анализ - основной прием палеогеоморфологических реконструкций // Палеогеоморфология и эволюция древнего рельефа. К., 1993. С. 165 - 166. 3. Тимофеев В.М. Структурные особенности формирования палеорельефа // Там же. С. 247 - 248. 4. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1980. 293 с. 5. Николаев Н.И. Неотектоника и ее выражение в структуре и рельефе территории СССР. М.: Госгеолтехиздат, 1962. 314 с.

Поступила в редколлегию 21.10.97

УДК 551.24:551.4.012

Б.Н. ВОРОБЬЕВ, канд. техн. наук, С.В. КОСТРИКОВ, канд. геогр. наук,
А.В. САКСОНОВ, А.Л. ПЕТРЕНКО

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО АНАЛИЗА РЕГИОНАЛЬНОЙ СЕТИ РАЗЛОМОВ

Научно-исследовательская группа «Рельеф» кафедры геоморфологии и природоохранных компьютерных технологий Харьковского университета разработала алгоритмы и соответствующее программное обеспечение для анализа строения сетей элементов разломной тектоники. Данные работы проводились по заказу коллег из Империял колледжа Университета Лондона. В основу разработки алгоритмов и программ были положены методология и методика исследования механизма разломной тектоники, созданные в Империял колледже на основе развития представлений, уже существовавших в данной предметной области [1 - 4]. Элементы указанной предметной методики были развиты и интерпретировались сотрудниками группы «Рельеф» применительно к задачам автоматизированного моделирования. В данной работе широко использовался опыт, накопленный при создании основного программного продукта группы «Рельеф» - системы автоматизированного структурного, морфометрического и картографического анализа «Рельеф-Процессор» [5].

Региональным объектом исследования, применительно к которому определялся механизм разломной тектоники неоген-раннечетвертичных пород, являлось ложе Северного моря [1; 2]. Толща осадочных палеоцен-среднемиоценовых пород данного ложа осложнена незначительными по протяженности разломами в его центральной и северной частях. Сети разломов распространены с интервалом в 100-1000 м, и разломные элементы имеют близкую к этим значениям длину. Глубина смещения блоков (сдвиг разлома) составляет 10-100 м. Разломы протягиваются по направлению сдвига и, как правило, от палеоцена к среднему мио-

цену. Анализ результатов сейсмического зондирования показывает, что эти разломы являются небольшими вытянутыми структурами, соответствующими стратиграфически разграниченным ярусам. Геометрия разломных элементов здесь достаточно сложна. Они упорядочены в ячеистые сети, которые включают полигональные пирамидальные и призматические формы. Предполагавшаяся ранее гравитационная природа разломов [6] была позднее подвергнута сомнению - на том основании, что они распределены равномерно по границе яруса, который некогда был равнинной поверхностью бассейна [2]. В качестве основы механизма образования разломов (и это подтверждается ячеистой структурой сетей) называется плотностная инверсия между отдельными переуплотненных пород и перекрывающими слоями. Образование указанных геологических структур, видимо, обусловлено воздействием толщи морской воды, и, таким образом, явление, называемое в англоязычной научной литературе термином *hydrofracturing*, указывается в качестве причины вероятного распределения разломов в бассейне Северного моря.

Однако названная причина, по мнению ряда авторов, не является единственной, и разломная сеть по своей природе гетерогенна [1; 2; 6]. Причем механизмы образования разломов разнятся на морском склоне и морском ложе. Некоторые нарушения рассматриваются как незначительные деформации в осадочных породах, вызванные фундаментальными разломами краевой зоны кристаллического фундамента. Однако все же главенствующей причиной образования региональной сети разломов считается образо-

вание переуплотненных структур и их последующее высвобождение.

«Региональная сеть разломов» - понятие, известное в англоязычной научной литературе по разломной тектонике [7]. Это образование объединяет совокупность расположенных с определенным интервалом на данной территории сетей более мелкого ранга и различного геометрического рисунка (например, пирамидальных, призматических). Такая сеть образовалась, как правило, в специфических, регионально ограниченных условиях и, несмотря на различия в характерном рисунке составляющих ее сетей (назовем их "локальными"), обладает некоторым единым геометрически упорядоченным множеством элементов - соответствующей структурой. Например, для ложа Северного моря характерна полигональная геометрическая структура сети, которая впервые открыта Дж. Картрайтом и характеризуется большим спектром ориентации элементов сети и их падений [3].

При постановке задачи разработки алгоритмов и программ на основании существовавшей методики изучения региональной сети разломов по результатам сейсмического зондирования особенно важны следующие замечания и выводы Дж. Картрайта [1-3], дополненные сотрудниками группы «Рельеф».

1. Ранее разломы в общем неудачно отображались в качестве дискретных структур на основе преимущественно используемых двумерных сейсмических данных. Это подразумевало громоздкий и трудоемкий процесс обработки. Фактически разломы рассматривались как пробелы в данных сейсморазведки, относящихся к определенному стратиграфическому горизонту.

2. Особенности двумерного изображения сейсмической решетки не позволяют избегать пересечения разломов, и потому двумерное картирование невозможно, поскольку оно ведет к грубейшим ошибкам в интерпретации данных, особенно когда длина разломов превышает несколько сотен метров.

3. В силу указанных причин целесообразно использовать для построения карт стратиграфических горизонтов трехмерные данные сейсмического зондирования

после их соответствующей обработки. Под последней подразумевается трехмерная интерпретация данных сейсмической разведки, выполняемая на компьютерных рабочих станциях "Сан" (Sun workstations). В результате решается проблема распознавания и интерпретации разломов, которые не помещаются в одном стратиграфическом ярусе, а переходят из одного в другой. Подавляющее большинство разломов относятся именно к таким.

4. Исходным файлом начального ввода, в котором хранится информация сразу после ввода или непосредственно перед пересылкой на устройство ввода, при автоматизированном анализе разломной сети должен быть файл 3D (трехмерных) координат XYZ вида стандартного текстового формата. Данный файл должен обладать возможностью конвертации в иные форматы (например, формат базы данных какой-либо геоинформационной системы).

Основная цель нашей разработки - создание такого программного обеспечения для ИБМ-совместимых персональных компьютеров, которое позволяло бы определять главные содержательные параметры и статистические характеристики региональной сети разломов на основании исходных данных в файлах текстового формата, отражающих результаты сейсмического зондирования.

Созданный пакет прикладных программ (назовем его по имени исполнительного файла пакетом M_FAULTS) состоит из трех основных частей (модулей): «Доступ к файлам исходных данных и их обработка», «Создание Библиотеки разломов», «Анализ сетей разломов». В рамках пользовательского интерфейса управление пакетом M_FAULTS осуществляется с помощью меню, окон диалога и функциональных клавиш. Все необходимые операции выполняются как с помощью клавиатуры, так и мышью, однако при работе с мышью передвижение ее курсора ограничено только той частью экрана, с которой в данный момент работает пользователь. Например, при работе с диалоговым окном перемещение курсора мыши ограничено границами этого окна, а при работе с ленточным меню, представляю-

щим собой одну строку экрана, – пределами строки.

Первая часть представляет собой модуль ввода и начальной обработки исходных данных. Файлами ввода являются файлы с расширениями .GRI, .NET и .FLT. Файлом начального ввода служит файл .GRI стандартного текстового формата, содержащий матрицу (сетку) высот. Любая первичная обработка исходных данных представляет собой манипулирование с .GRI-файлом. Файлы .NET и .FLT являются файлами вторичных данных и записаны в машинном коде. Первый из них – файл стандартного для пакета «Рельеф-Процессор» формата, а файл .FLT образуется после первичной обработки исходных данных программой (пакетом) M_FAULTS. Таким образом, в контексте манипулирования с данными файл .FLT является файлом ввода-вывода. В общем же существует два основных способа выполнения программы M_FAULTS. Первый из них реализуется в том случае, если файлом ввода служит файл .GRI или .NET, второй – если используется файл .FLT.

Назначением второго модуля данного пакета является создание «Библиотеки разломов» – организованной совокупности программ, заданий и данных для анализа сети разломов. Библиотека состоит из оглавления и разделов, идентифицируемых в оглавлении по имени. В данной части пакета M_FAULTS собственно и моделируется региональная сеть разломов, причем это делается в автоматическом режиме или в интерактивном, когда пользователь указывает координаты узлов разломов по своему усмотрению. Здесь выделяется так называемый «скелет разломов» – совокупность срединных линий по тем площадям, которые соответствуют «разрывам» в сейсмических данных.

Таким образом, в первой части пакета M_FAULTS осуществляются ввод и первичная обработка информации, во второй – моделирование по файлам ввода, а собственно автоматизированный анализ сети разломов – уже в третьей, заключительной части.

Анализ совокупности элементов разломной тектоники включает в себя использование нескольких методических приемов изучения полиэдрической (многогранной) сети разломов. Для программы M_FAULTS нами были отобраны те из них, которые могли бы быть реализованы объективными алгоритмами. Эти методические приемы в значительной степени соответствуют пунктам главного меню третьей части пакета. В программе M_FAULTS данные пункты обозначены англоязычными терминами. Приведем их, кратко раскрыв содержание каждого из пунктов.

STATISTIC REGION – «Статистический регион». Одной из основных задач пакета M_FAULTS является получение различных статистических показателей по совокупности элементов региональной сети разломов. Например, возможно определение характеристик центров группирования выборки по данной «Библиотеке разломов», построение гистограмм распределения. В этой опции меню пользователь может выбрать какую-то часть «Библиотеки разломов» в виде «Статистического региона» и получить данные по всем необходимым параметрам посредством выделения в интерактиве границ прямоугольника.

FAULT SET STATISTICS – «Статистики систем разломов». В рамках методической разработки нами введено понятие «системы разломов» (*fault set*) – группы разломных элементов функционально и геометрически связанных в одно целое. В этом пункте меню можно определить статистические характеристики всей данной региональной сети разломов, очевидно состоящей из конечного числа разломных систем. Число систем разломов в данной региональной сети, с одной стороны, и число отдельных разломных элементов в этой сети, с другой стороны, сами по себе являются достаточно репрезентативными статистическими показателями. Здесь уже необходимо остановиться на том, какие же собственно характеристики отдельного разлома и системы разломов моделируются и исследуются.

Характеристики длин (*fault lengths*). Под длиной разлома нами понималось кратчайшее расстояние между двумя уз-

лами разлома. Последнее понятие также определяет важный параметр разломной сети. Выделялось два типа узлов – внешний (свободный) и внутренний. Среди внутренних узлов, в свою очередь, выделяется два вида – узел ветвления и узел слияния (пересечения). Узлы вместе с уже упоминавшимся «скелетом разломов» образуют структуру системы разломов. В пакете M_FAULTS узлы разломов выделяются как в автоматическом режиме, так и в интерактиве. Причем в последнем случае пользователь, произвольно задавая местоположение внешних узлов, фактически выполняет следующий за созданием «Библиотеки разломов» этап моделирования. По характеристикам длин вычисляются значения периметра любой заданной совокупности разломов. Статистики по длинам разломов (как, впрочем, и по другим параметрам) рассчитываются по статистическим выборкам и соотносятся с генеральной статистической совокупностью, в качестве которой можно принять данную «Библиотеку разломов». Пользователь может задавать любые необходимые пределы выборки по каждому из параметров, для чего существует специальный пункт меню.

Азимутально-ориентационные характеристики (fault orientations). Очевидно, что когда узлы разломов определены, ориентация разломов может быть произведена по ориентации линий, соединяющих эти узлы. Причем каждый раз в виде такой линии принимается регрессионная прямая. Под азимутально-ориентационной характеристикой отдельного разлома нами понималось его отклонение по азимуту (от приподнятого узла к опущенному узлу, с севера по часовой стрелке) от оси простирания разлома (в случае анализа системы разломов – от оси симметрии группы разломных элементов), т.е. по углу этой оси, образуемому с меридианом местности.

Характеристики пространственного насыщения узлами и линиями разломов (fault spacing). Практически основной характеристикой является расстояние по перпендикуляру между срединными линиями «разрывов» в поле высот, построенном по сейсмическим данным. Указанные характеристики важны постольку, по-

скольку именно они могут являться репрезентативными показателями характерной геометрической структуры разломной сети. По нашему мнению, полигональная структура региональной сети ложа Северного моря обусловлена оптимальным пространственным соответствием друг другу как отдельных элементов, так и систем разломов.

Характеристики пересечений разломов (fault intersections). Данные характеристики рассчитываются по типам и видам узлов разломов как количества этих типов и видов, приходящиеся на единицу площади. Находятся коэффициенты отношений узлов разломов различных типов и видов.

Характеристики падений разломов (fault dips). Вычисляются по наибольшему наклону «поверхности разлома» (площади «разрыва» в поле высот), определяемому относительно горизонтальной плоскости и меридиана местности. Эти показатели, как правило, меняются вдоль линии простирания разлома и могут быть установлены исходя из его вектора сдвига.

Характеристики смещений (сдвига) разломов (fault displacements). Определяются смещения блоков верхнего и нижнего крыльев, ограничивающих зону разлома, относительно друг друга. Вектор сдвига (смещения) строится путем проведения перпендикуляра от блока верхнего крыла к линии простирания разлома. Значения вектора меняются вдоль этой линии.

Характеристики площадей поверхности разломов, учитывающие уклон этой поверхности (fault scarp areas). Здесь для большей наглядности можно провести аналогию между поверхностью разлома и геологическим обнажением – выходом коренных пород на дневную поверхность. Очевидно, что подобные объекты могут рассматриваться только в трехмерном пространстве. Очевидно и то, что эта «поверхность с наклоном» будет иметь всегда большую площадь, нежели ее проекция на горизонтальную плоскость. Первое понятие, используя известный строительный термин, можем определить как «эскарп-площадь разлома» (fault scarp area), второе – как просто «площадь разлома» (fault area). Достаточно репрезен-

тативным оказывается значение «эскарп-коэффициента» – отношение эскарп-площади разлома к его площади на плоскости.

Рассмотрев основные характеристики отдельных разломов и их систем, моделируемые и анализируемые программой M_FAULTS, завершим обзор пунктов главного меню третьей части программы.

FAULT STATISTICS – «Статистики разломов». Данный пункт меню во многом соответствует предыдущему. Основное отличие заключается в том, что в этом пункте диалоговое окно предоставляет информацию по всей созданной «Библиотеке разломов» (если не использовалась опция меню «Статистический регион»). Также в отличие от предыдущего пункта здесь определяются характеристики падений разломов (*fault dip directions*), что, очевидно, не может быть сделано для системы разломов как единого целого.

FAULT DENSITY – «Плотность разломов». В этом пункте рассчитываются в изолиниях показатели пространственного насыщения элементами разломов, а затем проводится их численный анализ (*fault spacing*). Последний является апробированным методом исследования геометрической структуры разломной сети.

FAULT NODES – «Узлы разломов». Рассчитываются изолинейные характеристики пространственного насыщения различного типа и вида узлами разломов. Определяются характеристики пересечений разломов (*fault intersections*).

DISPLACEMENTS – «Смещения». В этом пункте меню может быть построена карта направлений и смещений разломов по всей региональной сети или по любой ее части.

ONE FAULT SET – «Система разломов». Это наиболее содержательный пункт главного меню третьей части пакета M_FAULTS. Здесь может быть определена практически любая из указанных выше характеристик отдельных разломов и

их систем. В этом пункте предусмотрен как комплексный автоматизированный анализ разломной сети, так и широкий спектр манипуляций, выполняемых пользователем в интерактивном режиме. Именно здесь реализуются те возможности программы M_FAULTS, которые касаются интерактивного моделирования, для чего существует объемное внутреннее меню с соответствующими операциями.

Резюмируя содержание программы автоматизированного анализа сети разломов M_FAULTS, еще раз перечислим этапы реализации методики, положенной в ее основу: 1) ввод и первичная обработка данных сейсмического зондирования; 2) создание «Библиотеки разломов»; 3) собственно автоматизированный анализ различных параметров региональной сети разломов.

Список литературы: 1. Cartwright J.A. Episodic basin-wide fluid expulsion from geopressured shale sequences in the North Sea basin // *Geology*. 1994. Vol. 22. P. 447–450. 2. Cartwright J.A. Episodic basin-wide hydrofracturing of overpressured Early Cenozoic mudrock sequences in the North Sea Basin // *Marine and Petroleum Geology*. 1994. V. 11. N. 5. P. 587–606. 3. Cartwright J.A. Volumetric contraction during the compaction of mudrocks: a mechanism for the development of regional-scale polygonal fault systems // *Basin Research*. 1996. V. 8. P. 500–511. 4. Mandl G. *Mechanics of tectonic faulting*: Amsterdam.: Elsevier, 1990. 407 p. 5. Vorobiov B.N., Kostrikov S.V. The structural approach to the making topographic GIS: main ideas and realization // *Third European conference on GIS. Utrecht/Amsterdam*. 1992. V. 11. P. 1304–1313. 6. Rundberg Y. *Tertiary sedimentary history and basin evolution of the Norwegian North Sea: an integrated approach*. 1989. Dr. Diss. Thesis. University of Trondheim. 7. *Fractography: Fracture Topography as a Tool in Fracture Mechanics and Stress Analysis*. Ed. by M.S. Ameen 1995. Spec. Publ. geol. Soc. Vol. 92. 196 p.

Поступила в редколлегию 10.10.97

О.А. БЛИНКОВА

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ИЗУЧЕНИЯ ПОДВОДНОГО РЕЛЬЕФА

Изучение рельефа земной поверхности может быть как качественным, так и количественным. Изначально геоморфология занималась качественным изучением рельефа, поскольку единственным инструментом исследователя было непосредственное наблюдение. Система «объект изучения – субъект изучения» состояла только из двух элементов. Объект изучался субъектом непосредственно с помощью зрения и последующей обработкой сознанием увиденного образа. Как известно, существует различие между понятиями «смотреть» и «видеть». Глаз фиксирует все, но восприятие теоретически нагружено. Человек видит то, к чему подготовлен и что хочет увидеть. В данном случае ученый-геоморфолог сознанием расчленяет, анализирует и классифицирует увиденные им формы рельефа, используя сумму предварительно накопленных знаний и опыта. Рельеф земной поверхности в рассматриваемом случае исследуется качественно и представляется дискретно, так как человеческое сознание действует по схеме «анализ – синтез», т.е. сначала объект изучения расчленяется на составные части, а затем ищутся взаимосвязи между элементами. Именно расчленение объекта на элементы – первый шаг в его изучении.

Поэтому не вызывает удивления, что самым старым направлением геоморфологии является орография [1], предполагающая лишь эмпирическое расчленение объекта на элементы без дальнейшего синтеза. В истории развития геоморфологии суши четко прослеживается движение от качественного изучения рельефа к его количественному изучению, от дискретной модели земной поверхности к ее континуальной модели. Базисом и исходной точкой изучения рельефа суши является качественный подход. Целью же

поиска инструмента является получение такого сочетания количественных и качественных методов изучения рельефа, которое позволит решить задачи геоморфологии наилучшим образом.

Такой эмпирический путь применим только в том случае, если объект изучения доступен непосредственному наблюдению, т.е. для изучения рельефа суши. Если объект изучения – подводный рельеф, ситуация претерпевает кардинальные изменения.

Подводный рельеф можно изучать лишь опосредованно. Метод изучения подводного рельефа включает в себя несколько этапов, отсутствующих при изучении рельефа суши. Это сбор данных о рельефе, который выполняется с использованием технических средств, и обработка данных, полученных на этапе сбора данных. Особенность использования технических средств для сбора информации о подводном рельефе заключается в том, что в результате накапливаются лишь количественные данные. Другими словами, все технические средства позволяют получить данные о подводном рельефе в виде набора точек (x, y, z) . Если при эмпирическом подходе геоморфолог в процессе непосредственного наблюдения рельефа сразу выделяет, основываясь на знаниях и опыте, основные элементы рельефа, классифицирует его, разделяя элементы на главные и второстепенные, то технические средства сбора информации о подводном рельефе не обладают какой-либо избирательностью в отражении действительности. Все точки земной поверхности для них априори абсолютно однозначны.

Следующим этапом является построение на основе полученных данных цифровой модели рельефа (ЦМР). Она представляет собой поверхность, геометрически подобную некоторому участку

земной поверхности. Так как подводный рельеф недоступен непосредственному наблюдению, то ЦМР, отражающая пластику реального рельефа, представляет собой объект, замещающий реальность в процессе изучения. Цифровая модель рельефа по определению континуальна и является полем высот [2]. Качественная информация в этом случае может быть получена только на основании количественной модели.

Можно сделать вывод о том, что изучение рельефа суши и морского рельефа шло двумя принципиально различными путями. Изучение рельефа суши изначально было качественным, и в процессе развития геоморфология обогащалась количественными методами и математизировалась. Изучение же подводного рельефа изначально было количественным, математизированным и опосредованным. Подводный рельеф всегда изучался с помощью модели: сначала это была навигационная или батиметрическая карта, потом – трехмерная блок-диаграмма. Детальность изучения подводного рельефа росла вместе с совершенствованием техническими средств для его изучения, но смысл и содержание этапов принципиально не изменялись.

На основании всего изложенного можно утверждать, что выделенные И.Г. Черваневым (1979) в рамках единой геоморфологии два научных направления – теоретическое и эмпирическое – соответ-

ствуют направлениям исследования рельефа суши и подводного рельефа соответственно. Эти направления различаются по всем основным свойствам, принимаемым во внимание при оценке самостоятельности научного направления [3]. Объектом исследования эмпирического направления геоморфологии является реальный рельеф, а теоретической геоморфологии – модель рельефа. Различаются средства изучения объекта – анализ наблюдений и анализ понятий и логические принципы – индукция и дедукция.

Как отмечено в [3], следует, однако, учитывать условность границы между ними и взаимопроникновение идей и методов одного в другое, чем и обеспечивается их единство в рамках геоморфологии. Таким образом, оба направления имеют место как при изучении рельефа суши, так и при изучении подводного рельефа, но исходным и преобладающим направлением при изучении рельефа суши является эмпирическое, а при изучении подводного рельефа – теоретическое.

Список литературы: 1. Ласточкин А.Н. Рельеф земной поверхности (Принципы и методы статической геоморфологии).-Л.: Недра, 1991.-340 с. 2. Модели полей в географии: теория и опыт картографирования/ В.А. Червяков, И.Г. Черванев, А.Н. Кренке и др. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1989. 144 с. 3. Черванев И.Г. Структурный анализ рельефа. Автореф. дис. ... д-ра геогр. наук, М., 1979, 30 с.

Поступила в редколлегию 30.11.97

УДК 911 : 572

И. КЕЙТА

ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДЫ ГВИНЕЙСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

В наше время проблемы охраны природы и рационального природопользования оказались на первом месте практически во всех регионах земного шара. Не является исключением и Африканский континент, в странах которого эти проблемы имеют специфические особенности, но не менее актуальны, нежели в регио-

нах, значительно более развитых в социально-экономическом плане. Отсталость, порождающая экономическую и политическую зависимость, может послужить причиной возникновения не только острого экологического кризиса, но и крайней степени неустойчивости геоситуации в целом. Это делает необходимым иссле-

дование основных социально-экономических причин сложившегося положения и возможных путей дальнейшего изменения геоситуации в регионе при тех или иных воздействиях. Проблему целесообразно рассматривать через призму концепции географического пространства-времени и порождения территориальности, разработанной А.П. Ковалевым [1; 2].

Гвинейская Республика расположена на побережье Гвинейского залива и относится к группе так называемых Гвинейских стран. Этот район Африки характеризуется широким распространением возвышенностей и низкогорий. Их склоны в условиях экваториально-муссонного климата должны были бы быть покрыты влажными тропическими лесами. Однако во многих местах последние, под влиянием хозяйственной деятельности, заменены вторичными саваннами, которые лишь в северо-восточной части страны являются естественными (парковые саванны).

Проблемы, связанные с охраной и рациональным использованием природных ресурсов, необходимо, по нашему мнению, разделить на две категории, что обусловлено существованием контролируемых и неконтролируемых параметров геоситуации. Задача, таким образом, состоит в том, чтобы выявить контролируемые параметры геоситуации и изучить возможные варианты кинематики геоситуации региона в целом. В соответствии с нашими взглядами в системе «общество – среда» контролируемые параметры связаны прежде всего с социальной составляющей антропогенных геосистем.

Среди природных аспектов важными представляются следующие. В пределах рассматриваемого региона существует три устойчивых состояния, в которых могут оказаться биотизированные геосистемы: биogeомы влажных тропических лесов, листопадных тропических лесов и саванны [3; 4]. Они сложно взаимодействуют между собой во времени и пространстве, находясь в то же время под влиянием климатических изменений (климатическая система рассматривается как суперординатная по отношению к биотизированным геосистемам). На это слож-

ное взаимодействие накладывается влияние разворачивающейся и все усложняющейся хозяйственной деятельности социума, что требует его анализа.

В регионе существенно преобладает сельское население, ведущее малопродуктивное хозяйство на очень низком (за редким исключением) техническом уровне при общей небольшой плотности населения. Это делает социум слабо связанным и достаточно однородным, что не предвещает даже в отдаленном будущем развития активных социально-экономических процессов. Дополнительной характеристикой социума является низкая грамотность населения – всего 25 % его имеет среднее образование. При таком состоянии функция социума в мировом разделении труда будет определяться в основном извне: население используется для работы на плантациях и рудниках, что отражает пассивность данного социума. Ситуация выглядит внешне достаточно устойчивой, однако сложно сказать, что может произойти, если этот пассивный социум будет выведен тем или иным способом из равновесного состояния.

Таким образом, можно с уверенностью утверждать, что характер траектории, по которому будет следовать система «общество – природная среда» в ближайшие десятилетия, в значительной степени будет определяться тем, по какому пути развития пойдет социальная составляющая, т.е. как будет меняться культурно-хозяйственный тип социума в пределах данного региона. Наша задача состоит в том, чтобы попытаться выявить наиболее вероятные варианты изменений и, разобравшись в механизмах связей, постараться дать прогноз будущих режимов функционирования геосистем как на косо-биотизированном, так и на антропогенном уровнях организации. Кроме того, целесообразно попытаться спроектировать оптимальную структуру системы «общество – природная среда» на основе понимания места региона в общей структурно-функциональной организации геопространства в отдаленном будущем. Последнее является важным, поскольку необходимо представлять, куда должен двигаться регион как составная часть целого.

На сегодня в регионе имеют место: энергетический кризис, слабая развитость транспортной системы, низкий уровень развития систем образования и здравоохранения. Все перечисленные явления тесно связаны между собой. Это обуславливает необходимость поиска "критических точек" воздействия, т.е. сфер жизнедеятельности социума, инвестирование которых может оказать наибольшее воздействие на улучшение всей ситуации в целом. Такими сферами могут быть и сельское хозяйство, требующее существенной интенсификации, и промышленность, находящаяся на начальных этапах развития. С нашей точки зрения, наибольшего прогресса можно достичь, инвестируя энергетику, образование, культурную сферу в целом. Именно последнее позволит достичь самого главного -

понимания широкими слоями населения всей сложности ситуации, без чего процесс развития не может стать самоорганизующимся.

Список литературы: 1. Ковальов О.П., Борзенков І.А. Деякі риси організації геопростору та її відображення у територіальній структурі: теоретичний аспект // Укр. Геогр. журн. 1996. № 1. С. 3 - 9. 2. Ковалев А.П. Территориальность как отражение самоорганизации геосистем и основа формирования стратегии регионального развития // Регион. 1997. № 1. С. 37 - 41. 3. Герасимов И.П. Посещение Гвинейской Республики географической делегацией Академии наук СССР // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1961. № 6. С. 27 - 35. 4. Лавренко Е.М. Ботанико-географические наблюдения во Французской Гвинее // Там же. 1955. № 2. С. 16 - 29.

Поступила в редколлегию 14.10.97

УДК (665.7):(556.12+553.3/9)

К. М. СО

ГВИНЕЯ-БИСАУ: ОЩУЩАЕТСЯ ЛИ ДЫХАНИЕ САХАРЫ В МНОГОЛЕТНЕМ ХОДЕ ОСАДКОВ И СОСТОЯНИИ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ?

Небольшая территория Гвинеи-Бисау является геофизически пограничной между сушей и океаном, субэкваториальными дождевыми лесами и сезонно-влажной саванной. Пограничный характер всякой территории придает ей повышенную чувствительность к внешним изменениям, так как примыкающие к границе области находятся в экстремальных условиях, неустойчивы и поэтому склонны к изменениям. При неустойчивости малые изменения факторов способны самоусиливаться, формируя неадекватные реакции внутри геосистемы.

Исходя из этих предпосылок, попытаемся рассмотреть те изменения, которые ощущаются на протяжении последних десятилетий в наиболее показательном климатическом параметре - количестве осадков.

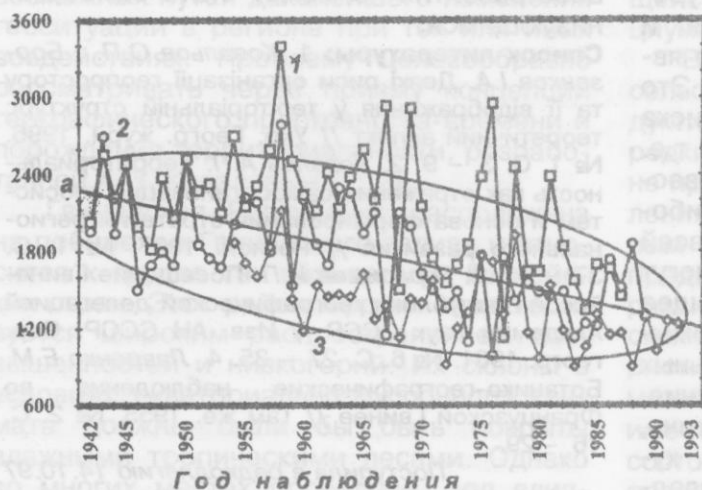
Осадки более независимы от изменений ландшафтной структуры, чем, напри-

мер, температура. Как показано в ряде работ Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП), основными факторами преобразований ландшафтной структуры являются развитие агрикультуры, происходящее, прежде всего, за счет сведения лесов, а также добыча древесины. Действие обоих факторов имеет в Гвинеи-Бисау угрожающий характер.

Для анализа использовалась вторичная информация об осадках в виде сумм осадков по месяцам года, рассчитанных по данным стандартных метеорологических наблюдений.

При выборе объектов сравнения исходили из того, что чем ближе точка наблюдения к геофизической границе с Сахелем, тем большими могут быть изменения количества осадков. На этом основании выбрано три пункта, последовательно все более приближающихся к Сахельской зоне. Предполагалось, что наименее из

менчивыми должны быть климатические показатели на метеостанции



Динамика выпадения осадков на трех метеостанциях

Болама, находящейся на острове в эстуарии р. Жеба. Наиболее выраженным должен быть тренд климатических показателей на метеостанции в Бафата, которая ближе всего расположена к Сахельской зоне в пределах Судано-сенегальской саванны. Данные метеостанции в Бисау должны занимать промежуточное положение.

Для обработки данных применялась стандартная компьютерная программа STATISTICA FOR WINDOWS.

При сравнительном анализе осадков использовались месячные суммы осадков по плювиографу, по которым вычислялись годовые осадки. Периоды (ряды) наблюдений оказались различными: наиболее продолжительный — на метеостанции в Болама (с 1924 г.), самый короткий — в Бафата (с 1954 г.). Поэтому в процессе сопоставления возникли трудности.

Данные о годовом количестве осадков были нанесены на общий график в одной системе координат (рисунок). Для выявления тренда все точки, характеризующие годовые осадки в трех пунктах одновременно, были околнурены эллипсом

наилучшего приближения, положение оси которого использует для выявления тренда. Ясно видно, что длинная ось эллипса имеет наклон в сторону уменьшения значений, что отражает общий тренд убывания осадков в протяжении 50 лет. Отсюда можно уверенно заключить, что общая тенденция изменений количества осадков на территории Гвинеи-Бисау — та же, что и в регионах, испытывающих опустынивание.

Визуально кажется, что на более выражен тренд для метеостанции в Бисау. Это противоречит нашему априорному предположению о том, что наибольшими должны быть изменения климата в присахельской части Судано-сенегальской саванны. Чтобы получить количественное сравнение степени подобия изменений, была рассчитана парная корреляция между значениями осадков на метеостанциях в Бисау и Болама. Коэффициент корреляции оказался значимым, но невысоким (0,4).

Таким образом, оценка количества осадков за 50 лет показывает следующее:

- наблюдается тренд уменьшения количества осадков в целом на территории Гвинеи-Бисау;
- наиболее значимое снижение количества осадков проявляется в столичном регионе (Бисау);
- в направлении Сахельской зоны (Бафата) осадки уменьшаются так же незначительно, как на островах дельты Жеба (Болама).

Следовательно, можно полагать, что территория Гвинеи-Бисау не испытывает прямого воздействия регионального процесса опустынивания, свойственного странам субгумидного саванного пояса.

Поступила в редколлегию 21.10.

К. М. СО

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ГВИНЕИ-БИСАУ В РЕГИОНЕ ЗАПАДНОЙ АФРИКИ

Страны, относящиеся к Западной Африке, занимают обширную территорию к северу от Гвинейского залива Атлантического океана, которая простирается от приэкваториальных широт до северного тропика. На востоке она ограничивается меридианом, проходящим через оз. Чад, а с запада омывается Атлантическим океаном.

Гвинея-Бисау в наибольшей мере связана с воздействием Атлантического океана – не только через тип климата, но также общим характером рельефа, ландшафтной структуры и условий жизни населения. По этой причине, в отличие от внутриконтинентальных стран Африки, Гвинея-Бисау должна рассматриваться комплексно как территориально-аквальный региональный комплекс.

Собственно Гвинея-Бисау по площади территории немного более, например, республики Молдова, а по численности населения уступает ей почти в 4 раза. Но при этом она все же имеет суверенитет, конституцию, парламент, сложившуюся экономику, систему межгосударственных связей – политических, экономических, социальных, т.е. все атрибуты государственности.

Природные условия региона Западной Африки многообразны. Он расположен в пределах трех географических поясов – экваториального, субэкваториального и тропического [1]. Региональные различия, накладывающиеся на поясно-зональную структуру ландшафтов, обусловлены литогенной основой и характером поверхности стока. Хотя практически вся территория Западной Африки относится к устойчивой части древнейшей Гондваны, наблюдаются заметные различия в геологическом строении и рельефе этого региона [2].

В настоящее время основой экономики стран Западной Африки остается сель-

ское хозяйство. Его структура и специализация сложились за счет трех факторов: природной пестроты, этнокультурных различий населения и участия этих стран в мировой торговле (преимущественно в роли поставщиков сырья). Несмотря на то, что страны региона уже не называются колониями в политическом отношении, они сохраняют колониальную структуру и направленность хозяйственной деятельности, так как бывшие метрополии держат под контролем финансовые ресурсы и конечные стадии материального производства, без которых промежуточные продукты и сырье, произведенные в странах региона, в значительной мере теряют ценность.

Экономико-географический анализ территории Западной Африки показывает, что Гвинея-Бисау обладает специфическими чертами природопользования и природно-ресурсного потенциала. Они обусловлены такими причинами:

– длительной и бурной историей освоения территории местными народностями и колониалистами, которая привела к сочетанию на небольшом пространстве разных типов природопользования;

– положением территории страны на границе между двумя географическими поясами – субэкваториальным и тропическим, что вызывает неустойчивость климата и придает индикативный характер его изменениям;

– сочетанием примитивного природопользования (подсечно-огневое земледелие, кочевое скотоводство, «огневая» охота и добыча дикого меда) с высокотоварным плантационным хозяйством (продукция – арахис, масло масличной пальмы, рис, кешью) и экспортом высококачественной древесины.

С ростом численности населения усиливается степень влияния человека на природу. Совместное действие этих фак-

торов является мощной геологической силой, которая, к сожалению, пока ухудшает окружающую среду и вызывает истощение природных ресурсов, что, в свою очередь, усложняет ландшафтную структуру территории.

Вместе с тем в Гвинее-Бисау развита сеть природоохранных территорий в виде национальных парков и резерватов. За годы независимости создан единственный в своем роде резерват островных ландшафтов Болама-Бижагош, который охватывает почти 60 островов и межост-

УДК (665.7): 581.52

К. М. СО

УХУДШЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ В ГВИНЕЕ-БИСАУ

В Гвинее-Бисау, как и во всей Западной Африке, основной причиной ухудшения естественной среды обитания является сельскохозяйственная деятельность человека [1]. Существует предположение (Clorictoley, Thompson, 1977) о том, что переложное земледелие, включающее в себя расчистку леса и выжигание растительности, служит важным фактором, который способствует исчезновению лесов на границе земельных участков и возникновению саванн более открытого, гвинейского типа. Сейчас этот резкий переход усугубляется воздействием домашних животных и огня [2]. Такие изменения растительности, безусловно, препятствуют интродукции домашних животных и использованию огня как средства для поддержания злаковников.

В настоящее время обрабатываемые земли в саванне уже составляют 20 %, а в лесной зоне – более 25 %. Из основных растительных группировок более всего пострадали лесные. На сегодняшний день леса можно разделить на две группы:

1. Девственные, или первичные, леса – необитаемые и нетронутые.
2. Вторичные леса, которые представляют собой очищенные от леса участки,

ровную акваторию территориальных вод страны. Эта территория включена в схему физико-географического районирования океана-суши как целостное природно-хозяйственное образование.

Список литературы: 1. Гладкий Ю.Н., Ягль В.С. Природные ресурсы Африки. М.: Знание, 1986. 48 с. 2. Дмитриев Ю.О. Некоторые вопросы оценки и районирования природных ресурсов в развивающихся странах // Изв. Всесоюз. геогр. о-ва. 1978. Вып.3.

Поступила в редколлегию 10.10.97

время от времени обрабатываемые, и напминают скорее заросли кустарников.

В настоящее время вторичные леса занимают очень большие пространства. Это – результат деятельности лесодобывающей индустрии. В некоторых районах первичные леса можно встретить только на заболоченных участках вдоль рек. Наличие группы масличных пальм (*Elaeis Quineensis*) – верный признак того, что данный участок был ранее расчищен человеком.

Происходит сокращение площади лесов и уменьшение ее в расчете на душу населения. В 1937 г. общая площадь, занимаемая лесами, составляла 1100 тыс. га, т.е. 30,5 % территории страны (2,6 га леса на душу населения). К 1971 г. она сократилась в 2 раза, хотя показатели обеспеченности лесными ресурсами продолжают оставаться значительно более высокими, чем в соседних странах.

Государством намечены такие мероприятия, направленные на сохранение лесных ресурсов:

- усиление борьбы с пожарами;
- разработка более совершенных видов печей, использующих древесное топливо;

– просветительная работа среди населения, формирующая бережное отношение к лесам.

Список литературы: 1. Морозов В.В. Проблемы интенсификации сельского хозяйства тропической Африки // Развивающиеся страны и «зеленая революция». М., 1974. С.176 –

196. 2. Stebbins E.P. Forests, aridity and desert // Biology of deserts / Ed. J. Cloudeley-Tompson. London, 1954. P. 123 – 128

Поступила в редколлегию 20.10.97

УДК 911 (477)

О.А. АМЕЛИНА

ДЕНУДАЦИОННЫЙ ЦИКЛ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ БИОТИЗИРОВАННОГО ГЕОПРОСТРАНСТВА НА МЕЗОУРОВНЕ

В мире растет понимание того, что человеческое общество не может далее нормально функционировать, а тем более развиваться, игнорируя последствия своей деятельности. Прежде всего следует учитывать преобразования характера земной поверхности, поскольку они ведут к изменению режима переноса вещества в косных геосистемах, к нарушению нормального режима функционирования биотизированных геосистем, а также к загрязнению среды в целом. Данная проблема является географической, а ее решение в значительной мере находится в плоскости географического конструирования территориальной структуры в условиях активного ведения хозяйства. При этом предполагается, что косно-биотизированный уровень организации представляет собой единое целое [1], что должно учитываться при землеустроительном проектировании. Отметим, что существующие дедуктивные схемы идеальной ландшафтной структуры построены без учета приведенного положения. Схема «поляризованного ландшафта» Б.Б. Родомана [2] и схемы рациональной территориальной организации А.Г. Топчиева [3], судя по всему, базируются на предположении об исходной симметричности косно-биотизированного геопространства. Асимметрия вводится только в связи с хозяйственной деятельностью.

При рассмотрении вопроса о структу-

ре и функционировании геопространства на косно-биотизированном уровне организации, по нашему мнению, следует считать, что эти два организационных уровня сложно взаимодействуют между собой, а дифференциация земной поверхности, наблюдаемая в косных геосистемах, играет существенную роль в возникновении асимметрии биотизированного геопространства. Это повышает структурированность последнего и делает ее устойчивой.

Одним из важнейших процессов, дифференцирующих земную поверхность на косном уровне, является формирование флювиальной сети. Как известно, данный процесс протекает под влиянием силы Кориолиса, что ведет к возникновению асимметричного денудационного цикла. Морфологическое проявление последнего – асимметрия речных долин. Необходимо выяснить, каким образом указанный процесс отражается в структуре биотизированного геопространства и как это может сказываться на функционировании последнего.

Для ответа на данный вопрос следует иметь представление о том, как вообще функционирует биотизированное геопространство на мезоуровне. Как было показано в работе [1], гипотеза о том, что вся земная поверхность может быть дифференцирована на фациальные фрагменты, соответствующие биогеоценозам, кото-

рые находятся в терминальном состоянии, не отвечает действительности. На самом деле в структуре биотизированного геопространства наблюдается достаточно широкое распространение территориальных географических образований, которые в разной степени далеки от образований в терминальном состоянии (если последние вообще существуют). Исходя из современных представлений [1] нетерминальные объекты служат источниками зарождения новых биогеоценологических структур в условиях, когда происходят быстрые изменения во внешней среде (например, изменение климата). В том же случае, когда нетерминальное биотизированное геопространство оказывается непрерывным на достаточно большом протяжении, оно служит удобным биокоридором для распространения видов в их глобальном круговороте. Указанный способ распространения, бесспорно, имеет место [4; 5]. По нашему мнению, такая функциональная структура оказывается закрепленной в пространстве благодаря асимметричному денудационному циклу. Речь идет о тех биотизированных геосистемах, которые сменяют друг друга вдоль поперечного профиля речных долин.

Несомненно, важнейшим фактором устойчивости сообщества является стабильность местообитания. К наиболее стабильным местообитаниям относятся поверхности водораздельных плато и террасы выше боровой. Боровые террасы представляют собой участки, претерпевающие медленную стабилизацию, что обуславливает распространение здесь промежуточной (сукцессионной) структуры – сосновых боров. Наибольший же интерес вызывают биотизированные структуры в пределах пойм и правых склонов речных долин. Именно эти местообитания отличаются наименьшей стабильностью, а следовательно, именно они могут служить поясами проникновения мигрантов.

В долине р. Северский Донец нами начаты исследования структуры растительного покрова в описанном выше ас-

пекте. Задача осложняется тем, что растительный покров в исследуемом регионе существенно изменен под влиянием хозяйственной деятельности, но общие особенности структуры сохранились. Исследование биогеоценозов правого (крутого) склона долины дало следующие предварительные результаты:

- в ландшафтном отношении склон является очень слабо дифференцированным: на небольшом расстоянии происходит довольно значительное изменение видового состава растений при отсутствии доминанта-эдификатора;

- контуры ландшафтных единиц, выделяемые с большой степенью условности, характеризуются сильной анизометричностью;

- почвенный покров невозможно отнести к какому-либо терминальному типу почв в силу сильного воздействия на процессы почвообразования интенсивно протекающих склоновых процессов;

- исходя из распределения стволов деревьев по классам диаметров можно заключить, что в составе древостоя резко преобладают молодые особи, относительное количество которых постепенно уменьшается к верхней бровке склона; существенное значение имеет уклон склона: на более пологих участках диаметр древесных стволов заметно возрастает.

Список литературы: 1. Ковальов О.П., Борзенков І.А. Діякї риси організації геопростору та її відображення у територіальній структурі: теоретичний аспект // Укр. геогр. журн. 1996. № 1. С. 3 – 9. 2. Родоман Б.Б. Географические картоиды // Теория и методика экономико-географических исследований. М., 1977. С. 15 – 33. 3. Топчієв О.Г. Екологічна безпека і раціональна територіальна організація суспільства // Укр. геогр. журн. 1993. № 2. С. 5 – 14. 4. Мэй Р.М. Эволюция экологических систем // Эволюция. М., 1981. С. 173 – 193. 5. Симберлофф Д. Биогеографические модели, распространение видов и организация сообществ // Биосфера: эволюция, пространство, время: Биогеогр. очерки. М., 1988. С. 60 – 81.

Поступила в редколлегию 14.10.97