

УДК 551.4:551.49(574.3)

В. Н. ОСТРОВСКИИ

ВЛИЯНИЕ МОРФОСТРУКТУР НА ФОРМИРОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА

Идеи и методы структурной геоморфологии с полным основанием могут быть использованы в гидрогеологии как для объяснения общих закономерностей размещения подземных вод в земной коре, так и для анализа гидрогеологических особенностей отдельных районов. Например, геотектуры *I* порядка, к которым, по классификации Ю. А. Мещерякова (1965), относятся континентальные выступы и океанические впадины, отвечают двум совершенно различным обстановкам формирования подземных вод — океанической и континентальной. Геотектуры *II* порядка (равнинно-платформенные и горные области) в пределах континентов соответствуют системе крупных артезианских бассейнов и гидрогеологических массивов *I* порядка, а в некоторых случаях могут определять размещение частей поясов артезианских бассейнов (Толстихин, 1967).

Морфоструктуры *I* порядка (возвышенности и низменности равнин, хребты и впадины горных сооружений) определяют размещение артезианских бассейнов и их гидродинамических областей. Наконец, морфоструктуры *II* и *III* порядков (выраженные в рельефе валы, прогибы, антиклинали, синклинали) можно рассматривать как один из факторов формирования подземных вод отдельных гидрогеологических районов и участков. Исследуя взаимоотношения речной сети с элементами рельефа и тектоники, можно более обоснованно судить о взаимосвязи поверхностных и подземных вод, например, выявлять участки дренирования реками подземного стока в пределах определенных структур. Особый гидрогеологический интерес представляют морфоструктуры *II* и *III* порядков и локальные структуры.

Рассмотрим некоторые закономерности влияния морфоструктур на формирование подземных вод на примере Центрального Казахстана.

Центральный Казахстан представляет собой цокольное нагорье, в пределах которого наблюдается преимущественно мелкосопочный рельеф, являющийся, по В. Д. Дибнеру (1950), переходной формой к типичному пенеплену. Отдельные низкогорные массивы на западе достигают высоты 1133 м (г. Улутау), на востоке — 1554 м (г. Кызыл-Рай).

Многие исследователи (Боровиков, 1955; Сваричевская, 1961 и др.) указывают на унаследованность древних поднятий и опусканий. Обычно древним досреднепалеозойским антиклинориям соответствуют современные поднятия. Например, Улутауский антиклинорий существует в виде положительной формы рельефа с раннего палеозоя. Верхнепалеозойские впадины (Тенизская, Джезказганская) морфологически представляют собой всхолмленные равнины. Унаследованность структур проявляется и для более мелких форм рельефа. Так, в западной части Центрального Казахстана отдельным брахиантиклиналям и горст-антиклиналям со-

ответствуют участки возвышенного мелкосопочника, а разделяющим их синклиналям или грабен-синклиналям — холмистые равнины. Таким образом, для Центрального Казахстана характерны прямые морфоструктуры, что З. А. Сваричевская (1961) объясняет унаследованностью тектонических движений. Однако здесь встречаются и обращенные морфоструктуры, примером которых могут служить некоторые мульды Джезказган-Улутауского р-на, а также Каркаралинско-Кызылрайский низкогорный узел. В пределах последнего молодые образования (пермские граниты) слагают наиболее высокие в Центральном Казахстане горы, что является результатом четвертичных поднятий (Сваричевская, 1961).

Структурно-геоморфологические условия Центрального Казахстана оказывают прямое влияние на распределение и формирование подземных вод. Впервые этот вопрос исследовал С. К. Калугин (1957). Анализируя формирование подземных вод в брахискладчатых структурах Джезказганского р-на, он отметил, что при прочих равных условиях наибольшей водообильностью и лучшим качеством вод обладают известняки, залегающие в ядрах и на крыльях антиклинальных структур, образующих положительные формы рельефа. В синклинальных же структурах, выраженных в рельефе преимущественно понижениями, преобладают солончатые воды, а водообильность пород невысокая.

Объясняется это тем, что породы прямых антиклинальных морфоструктур претерпели наиболее интенсивное разрушение в результате тектонических поднятий и выветривания. Они наиболее интенсивно подвергались коррозии и вымыванию, в связи с чем здесь отсутствует мелкозернистый рыхлый покров, снижающий инфильтрацию атмосферных осадков. Все это способствовало увеличению пустотности пород и, следовательно, их водообильности. В синклинальных же морфоструктурах отложения уплотнялись под действием веса пород при формировании складок. Мелкозернистый материал колюматировал пустоты, а водообмен был более замедленным. Хотя при описании отмеченных выше закономерностей С. К. Калугин не пользовался термином «морфоструктура», фактически он установил, что прямые антиклинальные морфоструктуры более благоприятны для формирования подземных вод, чем прямые синклинальные.

Закономерности влияния структурного положения известняков на водообильность пород были уточнены М. А. Хордикийеном (1968). На основании опробования большого количества скважин при разведке подземных вод он пришел к выводу, что наибольшей водообильностью обладают пологозалегающие известняки кассинских слоев независимо от того, какие структуры они слагают — антиклинальные или синклинальные. Так, высокая водообильность карбонатных пород отмечена в Амантюбинской мульде, морфологически выраженной возвышенным мелкосопочником («горы» Амантюбе), где углы падения крыльев складок варьируют от 20 до 30° (Зайцев, 1961). Наоборот, в положительных морфоструктурах типа горст-антиклиналей Сарысу-Тенизского водораздела с крутыми углами залегания известняков (50—70°) водообильность пород в общем понижена (Хордикийен, 1968). Аналогичные закономерности были отмечены Б. Г. Самсоновым (1964) в Северном Казахстане.

Однако необходимыми условиями формирования пресных высокопроизводительных трещинно-карстовых вод являются неглубокое залегание пологопадающих известняков (до 100 м), наличие области питания, представленной, как правило, участками возвышенного рельефа, а также отсутствие мощной глинистой коры выветривания. Этим условиям не удовлетворяют прямые морфоструктуры, представленные синклинальными участками межсопочных равнин, где известняки погружены на многие сотни метров. Подземные воды имеют здесь повышенную минерализацию, что связано со слабой активностью водообмена.

Указанным условиям не удовлетворяют также наложенные и приразломные мульды Улугауского поднятия — Сарысайская, Актасская и др. Несмотря на то, что известняки в этих структурах на участках, удаленных от дизъюнктивных нарушений, залегают неглубоко от поверхности, имея углы падения $10-30^\circ$, водообильность пород невысока, а воды обладают повышенной минерализацией (Островский, 1965). Это объясняется прежде всего относительной гидрогеологической закрытостью структур, отсутствием значительных областей питания, наличием мощной глинистой коры выветривания, формированию и сохранению которой способствовали отрицательные тектонические движения, по-видимому, проявлявшиеся унаследованно с конца позднего палеозоя.

Таким образом, условия формирования трещинно-карстовых вод наиболее благоприятны в положительных морфоструктурах, сложенных пологозалегающими известняками. Прямые отрицательные морфоструктуры не способствуют формированию значительных естественных ресурсов трещинно-карстовых вод и, согласно многолетней практике гидрогеологических работ, бесперспективны для разведки на воду.

Несколько отличные закономерности характерны для трещинных вод. Эти воды циркулируют в трещиноватой зоне песчаников, сланцев, эффузивов, гранитов и других пород. Генезис трещин различен. В песчаниках, алевролитах, эффузивах преобладают трещины напластования. Для метаморфических сланцев, подвергшихся интенсивному динамометаморфизму, характерна трещиноватость кливажа. В гранитах и других интрузивных породах развиты трещины отдельности. Однако, несмотря на сложность и разнообразие систем трещиноватости, в скальных некарбонатных породах мощность открытой зоны трещиноватости, в которой могут циркулировать подземные воды, определяется прежде всего интенсивностью выветривания. Последняя же зависит в основном от рельефа. Если исключить эрозионные останцы, сложенные породами, трудно поддающимися денудации, например, вторичными кварцитами, то, как правило, в положительных формах рельефа мощность зоны открытой трещиноватости значительно больше, чем в отрицательных. Даже наиболее выдержанные системы трещиноватости, например, трещины напластования, не будучи затронуты выветриванием, под действием уплотняющего веса пород и эпигенетических процессов затухают на глубине, превращаясь в микротрещины, неспособные содержать гравитационную воду.

Из этого следует, что водообильность скальных некарбонатных пород Центрального Казахстана в первую очередь определяется рельефом и в меньшей степени структурой. Это подтверждают хорошо известные данные о повышенном подземном стоке с низкогорных участков, независимо от того, какое они имеют строение — антиклинальное или синклинальное. На некоторых участках низкогорья количество родников на 1 км^2 достигает нескольких десятков, а модуль их стока в особо благоприятных условиях выражается литрами в секунду с 1 км^2 .

Второстепенное влияние тектоники иллюстрируется тем обстоятельством, что как прямые, так и обращенные морфоструктуры II и III порядков, представленные низкогорьем, имеют примерно одинаковые модули родникового стока. Так, эффузивные формации, слагающие Успенский синклиорий и Жаман-Сарысуйский антиклинорий в Актогай-Каркаралинском р-не, в пределах морфологически однородных участков рельефа характеризуются примерно одинаковыми модулями подземного стока, варьирующими от $0,2$ до $0,4 \text{ л/сек}$ с 1 км^2 (Геология..., 1968). Сказанное не относится к морфоструктурам I порядка, так как они в Центральном Казахстане во всех случаях являются прямыми. Следует отметить, что повышенную водообильность пород на приподнятых участках рельефа можно объяснить также их лучшей увлажненностью.

Мы не отрицаем этого, но необходимо сказать, что на тех участках, где на формирование подземных вод большое влияние оказывают структурные факторы, водообильность пород часто не зависит от увлажненности местности. Например, в Джезказган-Улутауском р-не практически отсутствуют связи между модулями естественных ресурсов трещинно-карстовых вод и абсолютными или относительными высотами структур, сложенных известняками.

Влияние морфоструктур на образование подземных вод Центрального Казахстана можно проследить и в более широком плане. Как уже указывалось, для морфоструктур I порядка Центрального Казахстана характерна унаследованность развития, т. е. крупным антиклинориям соответствуют поднятия рельефа, а синклинориям — участки равнин. Если учесть, что первые представляют собой области преимущественно питания подземных вод, а вторые — участки разгрузки и аккумуляции подземного стока, то станет очевидной возможность использования морфоструктурного анализа для решения вопросов гидрогеологического районирования Центрального Казахстана.

Существуют два подхода к гидрогеологическому районированию этой сложной территории. В соответствии с классическими представлениями Б. Л. Личкова, О. К. Ланге и других исследователей У. М. Ахмедсафин (Гидрогеологическое районирование..., 1964) считает, что в основу гидрогеологического районирования Центрального Казахстана должен быть положен рельеф. Районирование У. М. Ахмедсафина охватывает большую территорию с разнообразными гидрогеологическими условиями, вследствие чего является несколько схематичным. Другая группа исследователей, главным образом гидрогеологов Центрального Казахстана, выделяет гидрогеологические районы исключительно по структурно-тектоническому признаку.

Использование в гидрогеологии учения о морфоструктурах дает возможность существенно сблизить эти две точки зрения и производить гидрогеологическое районирование по морфоструктурному признаку.

Морфоструктурный анализ содержит в себе возможность нового подхода к районированию гидрогеологических массивов, т. е. выходов на поверхность складчатого фундамента. Согласно существующим представлениям, структурный фактор является основным лишь при формировании подземных вод артезианских бассейнов. Внутри гидрогеологических массивов в пределах однородных ландшафтно-климатических зон на первое место выступает рельеф, а структура имеет подчиненное значение. Приведенные выше данные позволяют сделать вывод о том, что связи между рельефом и структурой, с одной стороны, и подземными водами — с другой, могут иметь более сложный характер.

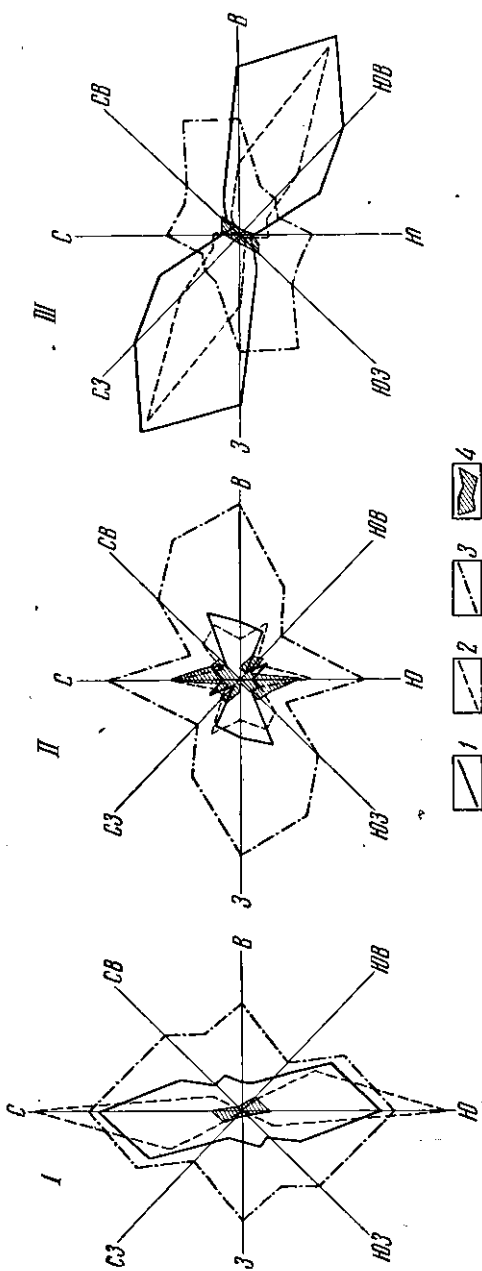
Структурный фактор оказывает существенное влияние на распределение и зональность подземных вод гидрогеологических массивов и, по-видимому, наиболее объективное гидрогеологическое районирование этих территорий можно произвести на основе анализа морфоструктур с учетом их геологического строения, а также ландшафтно-климатических особенностей. Таким образом, площадная структура, как и рельеф, может играть значительную роль в формировании неглубоко залегающих подземных (грунтовых) вод.

В ряде случаев существенным фактором, определяющим гидрогеологические условия, являются линейные морфоструктуры (линеAMENTы) т. е. выраженные в рельефе разломы земной коры. Роль разломов в формировании подземных вод, в определении рисунка гидрографической сети общеизвестна и должна учитываться при интерпретации связи между морфоструктурами и подземными водами.

В последнее время разрабатываются количественные методы морфоструктурного анализа, которые могут принести известную пользу и при анализе закономерностей распределения подземных вод, их взаимосвязи

Совмещенные «розы» направлений разломов, осей складчатых структур и речных долин юго-западной части Центрального Казахстана

I — Улутауское поднятие; II — Кенгирская зона брахискладок; III — Сарысу-Тенизская зона глыбовых складок. Направления: 1 — разломов, 2 — осей складчатых структур; 3 — долин I порядка; 4 — долин II порядка



с поверхностными водами. Рассмотрим эти вопросы на примере юго-западной части Центрального Казахстана. Основными структурными элементами этой территории, по Ю. А. Зайцеву (1961), являются Улутауское поднятие, Сары-Тенизская зона глыбовых складок, Кенгирская зона брахискладок.

Улутауское поднятие представляет часть нижнепалеозойской антиклинорной зоны и сложено метаморфическими, реже осадочными и магматическими породами допалеозоя и нижнего палеозоя, образующими меридионально вытянутые складки. Разломы также имеют меридиональное простирание (рисунок). Геоморфологически поднятие выражено в виде почти симметричного свода, погружающегося к югу. Речная сеть района принадлежит бассейнам рек Калмаккырган, Каратургай, Терсаккан, Каракегир (верховья), Джезды, Байконыр.

Сопоставление «роз» ориентировки речных долин различных порядков, разломов и осей складчатых структур (рисунок) дает возможность установить, что речные долины первого порядка в основном наследуют направления структурных элементов — осей складок и разломов. Приуроченность на ряде участков основных долин к разломам способствует интенсивному дренированию подземных вод. Мелкая гидрографическая сеть также в значительной степени связана со структурными линиями, но имеется довольно большое количество долин, ориентировка которых не совпадает с элементами структуры. Направление их определяется наличием уклонов рельефа на запад и восток.

Кенгирская зона брахискладок занимает юго-западный склон Сарысу-Тенизского водораздела. Она характеризуется развитием брахиоморф-

ных структур, сложенных молассовой формацией девона, известняками турне-фамена, терригенными породами визе-намюра. Оси складок вблизи Улутауского поднятия имеют меридиональное простираие, а на остальной территории — субширотное. Структурная зона располагается в бассейне р. Каракенгир.

Анализ направлений речных долин и структурных элементов Кенгирской зоны (рисунок) показывает, что расположение долин I порядка совершенно не связано с древними структурными элементами. Решающим фактором в их формировании явилось поднятие Сарысу-Тенизского водораздела, происходившее в основном в плиоцен-раннечетвертичное время, что обусловило разделение речных долин на ряд участков с интенсивным и слабым дренированием подземных вод. Первые приурочены к местам пересечения речными долинами структур, сложенных карбонатными породами, в которых формируются довольно значительные ресурсы трещинно-карстовых вод, вторые — к синклиналям, выполненным слабо-водообильными породами визе-намюра. Долины II и III порядка частично связаны с разломами, что способствует выклиниванию на ряде участков подземных вод. Приспособление мелких долин к осям структур, преимущественно синклиналей, выполненных слабо-водоносными отложениями визе-намюра, отрицательно сказывается на дренировании речными долинами подземных вод.

Сарысу-Тенизская зона глыбовых складок занимает обширную территорию в пределах склонов одноименного водораздела. Здесь развиты горст-антиклинали, сложенные в основном девонскими эффузивно-осадочными породами и каледонскими гранитоидами, а также грабен-синклинали, выполненные терригенной формацией визе-намюра. Оси структур, а также ограничивающие структуры разломы ориентированы в западно-северо-западном направлении. Речная сеть принадлежит бассейнам Каракенгира и рек, впадающих в озера Тенгиз, Кипшак, Кирей, Жаксы-Кон и др.

По характеру влияния структуры на план гидрографической сети Сарысу-Тенизская зона близка к Кенгирской. Некоторые особенности наблюдаются в расположении долин II и III порядка (рисунок). По ориентировке они занимают как бы промежуточное положение между долинами I порядка и структурными элементами. Часть долин ясно наследует древние разломы, что усиливает дренирование гидрографической сетью подземных вод.

Таким образом, приспособление гидрографической сети к элементам структуры наиболее четко выражено в Улутауском поднятии, что при прочих равных условиях обуславливает повышенное дренирование подземных вод реками.

ЛИТЕРАТУРА

- Боровиков Л. И. Нижний палеозой Джезказган-Улутауского района западной части Центрального Казахстана. — Тр. ВСЕГЕИ. Нов. сер., т. 6, 1955.
- Геология и металлогения Успенской тектонической зоны (Центральный Казахстан), т. 4 (Гидрогеология и гидрохимия). Алма-Ата, «Наука», 1968.
- Гидрогеологическое районирование и региональная оценка ресурсов подземных вод Казахстана (под ред. У. М. Ахмедсафина). Алма-Ата, «Наука», 1964.
- Дибнер В. Д. Основные закономерности развития гидрографической сети и механизм пенеппенизации. — Изв. Всес. геогр. о-ва, т. 82, № 4, 1950.
- Зайцев Ю. А. Герлинская тектоническая структура западной части Сарысу-Тенизского водораздела и Улутау. Изд-во МГУ, 1961.
- Калугин С. К. Опыт разведки и определения запасов подземных вод Джезказган-Улутауского района. — Водные ресурсы Казахстана. Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1957.
- Мещеряков Ю. А. Структурная геоморфология равнинных стран. М., «Наука», 1965.
- Островский В. Н. Условия формирования подземных вод Карсакалпай-Байконырского района. — В сб.: Формирование подземных вод Казахстана. Алма-Ата, 1965.

- Самсонов Б. Г. Зависимость водопроницаемости и водообильности водовмещающих толщ от их структурного положения.— Разведка и охрана недр, № 5, 1964.
- Сваричевская З. А. Древний пенеппен Казахстана и основные этапы его преобразования. Изд-во ЛГУ, 1961.
- Толстихин Н. И. Пояса артезианских бассейнов земного шара.— В сб.: Гидрогеология и инженерная геология аридной зоны СССР, вып. 4. Ташкент, «ФАН», 1967.
- Хордикийнен М. А. Трещинно-карстовые воды Кенгирской зоны брахискладок в Центральном Казахстане.— В сб.: Региональные гидрогеологические исследования в Казахстане. Алма-Ата, «Наука», 1968.

Казахский
научно-исследовательский
гидрометеорологический
институт

Поступила в редакцию
9.X.1970

THE INFLUENCE OF MORPHOSTRUCTURES ON THE FORMATION OF GROUND WATER IN CENTRAL KAZAKHSTAN

V. N. OSTROVSKY

Summary

The type of a morphostructure directly influences the formation of ground waters. A case study of Central Kazakhstan has shown that the capacity of rocks to contain interstitial karst water depends on the character of morphostructures. The interstitial waters proper are not characterized by such a clear dependence. Analysing morphostructures it is possible to classify ground water of hydrogeological massifs according to the structural geomorphological principle. The specific features of the association of a hydrographic system with the elements of the structure make it possible to interpret some regularities in the interdependence of surface and ground waters.
