

ЗАКОНЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А.П. Хаустов
РУДН, Москва

В качестве методологического аппарата законотворчества предложено использовать системный подход. Рассматриваются законы различных научных дисциплин и условия их адаптации для гидрогеологии.

Чрезмерная *аксиоматичность гидрогеологии* обусловлена слабым развитием законодательной базы, а законы, как известно, составляют теоретическую основу любой науки. Сегодня в гидрогеологии интенсивно используется лишь закон фильтрации французского гидравлика Дарси. В то же время в других науках число законов превышает несколько сот. Однако методологию теории систем и законы других наук можно эффективно применить к познанию основ функционирования подземной гидросферы. Это не означает, что гидрогеологию надо сводить к физическим законам (хотя закон Дарси по своей природе – физический). Необходимо выводить законы или закономерности из физики или других родственных дисциплин. Отметим, что большинство законов физики имеют *запретительную форму*, что чрезвычайно важно при оценке влияния техногенеза на подземную гидросферу.

При этом весьма важно, что *аксиомы в гидрогеологии принято доказывать, так как они не явно вытекают из практической деятельности*. Неоднозначная по масштабам пространства и времени реакция пласта на однотипные воздействия – типичный пример необходимости приложения аксиоматичности. Как и законы, аксиомы не должны противоречить основному принципу современного естествознания – принципу причинности: *причина во времени не должна предшествовать следствию*. В гидрогеологии чаще выявляется следствие нежелательного техногенного процесса, а затем устанавливается его причина. Все дело – во времени выявления этих связей; иногда это десятилетия (например, сбросы радиоактивных вод в озеро Карагач и др.).

В классических определениях (Ф.П. Саваренский, А.М. Овчинников) подземная гидросфера – это находящаяся ниже дневной поверхности часть водной оболочки Земли. По Е.В. Пиннекеру, она «...включает **все** разновидности воды... и образует единую водоносную систему земных недр, в которой воды в различных фазах и состояниях (видах и разновидностях) взаимодействуют друг с другом, горными породами, газами, живым веществом». Таким образом, воды образуют систему взаимосвязанных компонентов, вследствие чего возникает следующая

логическая цепочка в познании подземной гидросферы: *анализ процессов с системных позиций и вывод законов как необходимого, существенного, устойчивого, повторяющегося отношения между причинно-следственными явлениями*. Таким образом, все виды подземных вод – составные части подземной гидросферы – компоненты гидрогеологической системы (ГГС). Горные породы с позиций их формирования – это среда для накопления влаги, ее движения и разгрузки, т.е. для *водообмена*. Однако подземный водообмен – необходимый, но не достаточный критерий существования ГГС, его можно рассматривать как некий *концепт*, объединяющий структурные элементы горных пород. Это означает, что существенная часть воды для поддержания и саморазвития ГГС должна его компенсировать или связывать – химически, физически, биологически (в меньшей степени).

Нормирование антропогенных воздействий на ГГС также должно базироваться на познании законов развития гидросферы, поскольку любой вид деятельности, затрагивающий недра, можно рассматривать как процессы, протекающие при определенной *последовательности состояний* ГГС. Состояние системы и ее структура идентифицируются через функции составляющих элементов и порождаются связями внутри системы и вне ее. Внутренние взаимодействия в объекте (системе) должны быть всегда сильнее, чем внешние, иначе она разрушается или переходит в другое качество. Состояние системы определяется через ее потенциал или совокупность параметризуемых и непараметризуемых свойств.

Чем выше потенциал внутренних взаимодействий, тем более устойчиво состояние системы. Воздействие антропогенеза на подземную гидросферу образует уже природно-техногенные системы (ПТС), системы особого рода – *нерефлексные*, по Н.Н. Моисееву. Им присуще такое главное отличительное свойство, как *неодинаковость реакции на одни и те же воздействия* или даже отсутствие реакций. Этим они отличаются от механических систем с однотипными формами реакции на воздействия извне. Их устойчивость достаточно надежно аппроксимируется системой уравнений А.М. Ляпунова (в механике это абсолютная устойчивость). Однако и для природных систем, слабо затронутых техногенезом, рефлексия отсутствует. Возможно, это связано со скудостью знаний о некоторых процессах, лежащих в основе устойчивости, и с неумением параметризовать свойства чувствительности систем.

Устойчивость ГГС можно оценивать только по отношению к конкретным видам техногенеза, поскольку любая система обладает *свойством селективности* по отношению к источникам возмущений. Это означает, что природные системы, включая ГГС, характеризуются *множеством форм устойчивости*, которые контролируются силами сопротивления.

В условиях техногенного воздействия важнейшее свойство ГГС – *запас устойчивости*, то есть наличие определенного количества (или качества) кондиционных (репрезентативных) водных ресурсов всей системы или ее части, которые в любой момент могут быть вовлечены в поддержание устойчивости или самоорганизации (саморазвития) системы. Это справедливо и по отношению к процессам загрязнения, и к изъятию объемов подземной воды, поскольку природа определила в развитии системы траекторию, удовлетворяющую минимуму некоей зависимости: сопротивлению и диссипации энергии для движущихся потоков в горных породах (в механике – *принцип В.Р. Гамильтона*).

Технократический подход предполагает максимально полное использование самих объектов природы и их связей. При техногенной деятельности процессы, происходящие в подземной гидросфере, должны приравниваться к *технологическим*, а элементы природы со всеми их связями в определенной последовательности должны включаться в общую технологическую цепь в качестве технологических звеньев. Однако любой вид человеческой деятельности входит в противоречие с процессами, происходящими в экосистемах.

По оценкам Н.Ф. Реймерса, современная экология насчитывает более 250 теорем, законов, принципов и правил, характеризующих взаимодействие природных систем и человека. Не все они обоснованы методологически и не все могут претендовать на статус наукообразующих, однако важнейшие из них необходимо рассматривать при изучении гидрогеологических систем и вовлечении последних в антропогенную деятельность. Приведем некоторые из них:

- *закон необходимого разнообразия*: ГГС, состоящие из относительно однородных элементов, не обладают свойством самоподдержания и в развитии стремятся к усложнению;
- *закон баланса консервативности и изменчивости*: иллюстрация первого фундаментального свойства гидросферы Земли – *консервативности* отношений «вода ↔ среда» (эти отношения инерционны и определяются энергией структуризации подсистем гидросферы);
- *закон развития природной системы за счет внешней среды*: любая система может развиваться только за счет материально-энергетических и информационных возможностей окружающей ее среды;
- *закон устойчивости*: всякая природная система стремится сохранить свою внутреннюю структуру и механизм функционирования по отношению к внешним силам, направленным на ее разрушение;
- *правило цепных реакций «жесткого» управления природой*: создание объектов, меняющих природные процессы, чревато природными цепными реакциями, многие из которых

экологически, социально и экономически неприемлемы в длительном интервале времени.

Анализируемые законы не исчерпываются приведенными выше. Их гораздо больше, а предполагаемая методология переноса в гидрогеологию законов из других наук и их адаптация не является редуционизмом. Это скорее дедукционизм, который позволяет эффективно ускорить формирование теоретической базы этой науки.