

# Гидрогеология

ҚР ҰҒА-ның Хабарлары. Геологиялық сериясы. Известия НАН РК.  
Серия геологическая. 2007. №5. С.53-59

УДК 550. 461

В.И. ПОРЯДИН<sup>1</sup>

## О КВАНТОВО-МЕХАНИЧЕСКОМ ФЕНОМЕНЕ ВОДЫ В ГЕОПРОЦЕССАХ

Геологиялық процестерде судын алатын орны ерекше, оған баға беру өте киын. Бұл тек судын кен таралғандығымен ғана емес, сонымен қатар судын зерттеліп және баға берілген көтеген қасиеттерінің ерекшелігі мен өзгергіштігіне де байланысты. Суды зерттеу әркез жалғасын тауып келеді және бізді өзінің накты қасиеттерімен танқалдыруын қоймайды. Судын табиғатын неғұрлым терендептіп зерттеген сайын, оның геологиялық процестердегі қайталанбайтын орны туралы пікірлер көбейе береді. Ұсынылып отырған хабарламада судын мүмкін болатын квантты-механикалық құбылысы мен осы құбылыстың Жердің гравитациялық өрісіндегі квази және кристалды құрылымының нығыздалуының салдары қарастырылады.

Роль воды в геопроцессах столь велика, что ее трудно переоценить. Это связано не только с ее чрезвычайно широкой распространенностью, но исключительностью и аномальностью свойств воды, многие из которых изучены и оценены. Изучение воды продолжается и не перестает удивлять нас оригинальностью своих свойств. И чем глубже постигается природа воды, тем больше убеждений в неповторимости ее поведения в геопроцессах. В предлагаемом сообщении рассматривается ее возможный квантово-механический феномен, а также его следствия – уплотнение квази - и кристаллических структур в гравитационном поле Земли.

The role of water in geoprocesses is so great, that it is difficult for overestimating. It is connected not only to its extremely wide prevalence, but exclusiveness and anomalousness of properties of water, many of which are investigated and are appreciated. The study of water proceeds and does not cease to surprise us with originality of the properties. And than the nature of water is more deeply comprehended, the more belief in originality of its behaviour in geoprocesses. In the offered message its probable quantum-mechanical phenomenon, and also its consequence - condensation quasicrystal and crystal structures in a gravitational field of the Earth is considered.

Вода – по выражению В.И. Вернадского (“История природных вод”, стр.16, 74), одно из самых удивительных и самых распространенных природных соединений Земли, “...занимает особое место в истории нашей планеты. Нет природного тела, которое могло бы сравниться с ней по влиянию на ход основных, самых грандиозных геологических процессов. Нет земного вещества - минерала, горной породы, живого тела, которое бы его не заключало... Природные воды и по своей массе и по своей энергии занимают такое положение в земной коре, с результатами изучения которых не может не считаться теория земной коры”.

Действительно, многие свойства воды исключительны в природе и аномальны [1], но изучение воды продолжается и не перестает удивлять нас оригинальностью своих свойств. И чем глубже постигается природа воды, тем больше

убеждаешься в значимости ее поведения и в геолого-гидрогеологических процессах.

Рассмотренная нами [13] принципиальная возможность представления пластовых давлений артезианских геоструктур классическим статистическим Больцмановым распределением позволяет привлечь к анализу гидродинамических процессов в водонапорных системах литосфера не только классическую физику.

Излагаемый ниже подход основан на квантово-механическом феномене воды и эффекте гравитационной сжимаемости ее квазикристаллической структуры. Отметим, что барическая сжимаемость воды хорошо изучена и объясняма ее природной «пористостью» [16]. Что касается непосредственной оценки значения гравитационных сил - напряженности поля силы тяжести, на плотность квазикристаллической структуры воды и кристаллических веществ водовмещающих пород, а также геологических следствий

<sup>1</sup> Казахстан, 050010, г. Алматы, ул. Ч. Валиханова, 94, Институт гидрогеологии и гидрофизики им. У.М. Ахмедсафина.

этого эффекта, то они не проводились, а потому представляют не только теоретический, но и практический интерес, особенно для воды, являющейся одним из самых удивительных и самых распространенных природных соединений Земли и занимающей особое место в космо-геологических процессах, что, во многом, связано с наибольшей распространенностью водорода и кислорода.

В гидрогеологии принято рассматривать воду традиционно в качестве классического макроскопического объекта. Однако, воду, как природное вещество, можно рассматривать и в качестве квантового объекта – системы гармонических квантовых осцилляторов, т.е. в виде квазикристаллической молекулярной структуры [16], что позволяет обосновать формирование гидростатического давления с молекулярно-кинетической позиции [13].

Известно также, что естественный геофильтрационный процесс происходит в условиях деформации водовмещающей среды, порождающей деформационный (элизионный) поток в водонапорных системах литосферы [7]. Деформационное течение оказывается, при этом, адиабатическим безвязкостным процессом [8], имеющим под собой молекулярно-кинетическую основу жидкого состояния вещества [16]. Вместе с тем, в силу чрезвычайно малой своей плотности деформационный поток может рассматриваться в качестве идеального газа [7-13]. Такое двойственное (жидко-газообразное) поведение природных вод в медленно деформируемой водовмещающей среде приводит к необходимости трактовки воды как «дву жидкостной» системы. Дву жидкостное поведение поровой воды – следствие сепарации деформационной жидкости в качестве «сверхтекучей» (безвязкостной) компоненты из объема нормальной вязкой воды, реализующееся в специфических условиях чрезвычайно медленного (в реальном маштабе времени) седиментационного породообразования в гравитационном поле Земли. Более того, деформация и вызванный ею поток являются естественным регулятором интенсивности инфильтрационного водообмена, влияя непосредственно на пористость (и проницаемость) геофильтрационной среды, обеспечивая процесс саморегуляции в рамках синергетики геосистем [9,10].

Равновесное состояние такой двухжидкостной системы характеризуется совокупностью звуковых квантов-фононов – материальных объектов с корпускулярно-волновыми свойствами, энергия которых  $\varepsilon = c \bar{p}$  связана линейно с импульсом  $\bar{p}$  через скорость звука  $c$ .

Как известно, движение материальных частиц под действием внутренней энергии самих частиц, т.е. температурных колебательных движений частиц в квази- и кристаллическом континуме с периодом  $\tau \sim 10^{-12} \text{ с}$ , существует вплоть до температуры абсолютного нуля. Согласно теории Дебая, существующие в естественных условиях тепловые движения атомов и молекул в твердых телах и жидкостях, представляют собой упругие колебания системы гармонических осцилляторов с частотой  $v = 10^{12} \div 10^{13} \text{ с}^{-1}$ , образуя гиперзвуковые колебания. При этом в твердых телах тепловые движения атомов полностью сводятся к суперпозиции продольных и поперечных колебаний главным образом гиперзвуковой частоты. Что касается жидкостей, то в них реализуется дебаевский спектр продольных колебаний – ультра- и гиперзвуковых, образуя часть нормального теплового движения молекул [16].

Итак, обратимся к выражению гидростатического напора [13]

$$P_c = C_0 \exp(-u_0/kT) \operatorname{sh}(mgH/kT),$$

или его линейной асимптоте – гидростатическому закону Паскаля,

$$P_c = C_0 \exp(-u_0/kT) mgH/kT,$$

полученных на основе использования классического распределения Больцмана (при  $T = \text{const}$ ) и молекулярно-кинетической теории жидкости Я. И. Френкеля [16]. Для пресной воды (плотность  $1 \text{ г}/\text{см}^3$ ) график закона Паскаля (биссектриса первого координатного угла декартовой системы координат) служит асимптотой для обеих ветвей функции гиперболического синуса [13].

Преобразуем выражение  $mgH/kT$  в больцмановом распределении к виду  $2mgH/hv_0$ , сочетающему макро- и микрофизику гидродинамических процессов в подземной гидросфере, исходя из принципа квазиклассического приближения квантовой механики – предельного перехода, основанного на следующем.

Известно, что квантовая физика занимает своеобразное положение в ряду физических теорий – она содержит в себе классическую в каче-

стве предельного случая и в тоже время нуждается в этом предельном случае для самого своего обоснования. Поэтому формулировка основных положений квантовой механики принципиально невозможна без привлечения классической механики [6]. Пограничное же положение проблем макро- и микрофизики, располагающихся на стыке газообразного и конденсированного состояний вещества и его квантовых свойств (в области линейных размеров порядка  $10^{-6} \div 10^{-13}$  см), позволяет привлечь к анализу гидрогеологических проблем предельные переходы от макро- к микрофизике – квазиклассический и статистический.

Основу математического аппарата квантовой механики составляет постулат, гласящий, что состояние системы может быть описано определенной, в том числе комплексной, функцией координат – волновой функцией

$$\Psi = a \exp(iS/\hbar),$$

при том, что фаза колебаний  $\phi$  волновой функции в квантовом предельном случае пропорциональна классическому действию  $S$  системы

$$S = \hbar\phi = \hbar\phi/2\pi,$$

где  $\hbar=2\pi\hbar$  – постоянная Планка. Переход от квантовой к классической механике – предельный квазиклассический переход, осуществляется переходом к пределу  $\hbar \rightarrow 0$ . В квазиклассическом случае можно рассматривать  $\hbar$  как малый параметр, а выражение  $\Psi = a \exp(iS/\hbar)$ , в котором величины  $a$  и  $S$  предполагаются независящими от  $\hbar$ , как разложение волновой функции по степеням этого параметра.

Итак, используя принцип квазиклассического приближения – предельный статистический переход, когда классическая статистика становится предельным случаем квантовых статистик, что возможно при соблюдении *критерия вырождения*:

$$\exp(\hbar\omega_i/kT) \gg 1 \text{ или } \frac{V}{N} \left( \frac{2\pi mkT}{\hbar^2} \right)^{3/2} \gg 1 \quad (N/V - \text{плотность}).$$

Следовательно, в этом случае имеем  $mgH/kT \approx \hbar\omega_i/kT$ , что и позволяет записать выражение  $2mgH/h\nu_0$ , соответствующее отношению показателей экспонент классического распределения Максвелла-Больцмана  $\bar{n}_i = c/[\exp(E_i/kT)]$  (только большеванова часть распределения) и

квантовых распределений Ферми-Дирака (+) и Бозе-Эйнштейна (-):  $\bar{n}_i = c/[\exp(\hbar\omega_i/kT) \pm 1]$  в виде:

$$\alpha = \frac{mgH/kT}{h\nu/2kT} = \frac{mgH}{h\nu/2} = \frac{S}{h/2} = \frac{2H}{18393,54} = \frac{2\beta'H}{\xi}, \quad (1)$$

где  $m = 18,016\,1,66\,10^{-24}$  г – масса молекулы воды;  $k = R/N_A = 1,38\,10^{-16}$  эрг/°К – константа Больцмана;  $g = 980,66$  см/ $c^2$  – ускорение силы тяжести;  $h = 2\pi\hbar = 6,626\,10^{-34}$  эргс – постоянная Планка (квант действия);  $\nu = \omega/2\pi = 1/\tau = 8,14\,10^{10}$  с<sup>-1</sup> – частота ( $\tau = 12,28\,10^{-12}$  с – период) осцилляций молекулы воды;  $S = mgH/\nu$  – классическое действие;  $T$  – температура, °К;  $H$  – параметр, см;  $\bar{n}_i$  – среднее чисел заполнения состояний  $n_i$ ;

$\omega_i = 2\pi\nu_i = \sqrt{k/m}$  – циклическая частота классического осциллятора ( $k$  – «жесткость»,  $m$  – «инерция» осциллятора);  $E_i$  – энергия  $i$ -го состояния;  $c$  – константа;  $\beta', \xi$  – искомые параметры. Период осцилляции определен по времени вращательной релаксации  $\tau_{\text{вр}}$  – интервалу времени между молекулярными переориентациями. Это время связано с временем диэлектрической релаксации воды  $\tau_o = 17,8 \cdot 10^{-12}$  с соотношением  $\tau_{\text{вр}} \approx 0,7\tau_o$  [17]. В расчетах принято  $\tau_{\text{вр}} = 0,6898\tau_o$ . Соотношение (1) характеризует отношение классического действия к нулевому уровню энергии квантового осциллятора или удвоенное отношение классического действия к кванту действия.

В рассматриваемом изохорно-изотермическом процессе  $\xi = \ln V_\mu$ . Действительно, в этом случае изохорно-изотермический потенциал, энергия Гельмгольца или свободная энергия, равна

$$F = U - TS = -\frac{M}{\mu} [RT \ln V_\mu + \phi(T)],$$

где  $\phi(T) = -U_\mu + T \left( a_1 + \int C_{V\mu} \frac{dT}{T} \right)$  – функция температуры,  $V_\mu$  – объем одного моля идеального газа,  $U_\mu$  – внутренняя энергия моля газа,  $M/\mu$  – число молей газа,  $C_{V\mu}$  – мольная теплоемкость,  $a_1$  – постоянная интегрирования в выражении эн-

тропии  $S = \frac{M}{\mu} \left( \int C_{V_\mu} \frac{dT}{T} + R \ln V_\mu + a_1 \right)$ . Для одного моля газа имеем

$$F' = F + \phi(T) = -RT \ln V_\mu \text{ или, при } \phi(T)=0, \\ F'/RT = \ln V_\mu.$$

Запишем (1) в виде

$$\xi = \frac{\beta' H h}{S} = \beta' \frac{h}{mg\tau}, \quad (1a)$$

откуда при  $h=S$ , что возможно при  $\phi=2\pi$ , имеем

$$\xi = H\beta' \text{ или } \beta' = \frac{\xi}{H}. \quad (1b)$$

Полагая

$$\xi = \ln V_\mu = -\frac{F'}{RT}, \quad (1b)$$

имеем из (1a)

$$-\frac{F'}{RT} = \beta' \frac{h}{mg\tau} \quad (1c)$$

Подставляя (1b) в (1c), получим

$$-\frac{F'}{RT} = \frac{\xi h}{mgH\tau} = \frac{\xi h}{S},$$

что при  $h=S$  доказывает (1b)

$$\xi = -\frac{F'}{RT} = \ln V_\mu. \quad \xi$$

В выражении (1) для воды при  $\zeta = \ln 22414 = 10,01745$  ( $V_\mu = 22414 \text{ см}^3$  – мольный объем идеального газа) отношение  $\beta' H / \zeta = 1/18393,54$ . Следовательно, при  $H=1 \text{ см}$  произведение  $\beta' H_{(H=\text{кмоль})}$ , в котором  $\beta' = 1/1836,15 \text{ см}^{-1}$ , оказывается равным величине фундаментальной физической константы  $\beta = m_e / M_p = 1/1836,15$  – отношению массы электрона  $m_e$  к массе протона  $M_p$  [2]. Таким образом, на примере воды наблюдается проявление квантово-механических свойств материи.

Можно записать отношение экспонент (1) еще и в следующем виде:

$$\alpha' = \frac{m_{\text{уп}} g H / k T}{h \nu / 2 k T} = \frac{m_{\text{уп}} g H}{h \nu / 2} = \frac{S_{\text{уп}}}{h / 2} = \frac{2 H}{1836,1515} = 2 \beta' H, \quad (2)$$

где  $m_{\text{уп}} = \zeta m$  – «виртуальный» молекулярный вес воды. Такой “тяс келой” молекуле воды соответствует среднеквадратичная тепловая скорость поступательного движения (максвеллова скорость), обусловленная тепловой энергией, например, в направлении  $x$  (средняя квадратичная проекция скорости)

$$\text{мер } v_{\text{ср.кв.}} = \sqrt{\langle v_x^2 \rangle} = \sqrt{\frac{R_\mu T / m}{\rho}} = \sqrt{R_\mu T / m} = 355,04 \text{ м/c} \text{ воды}$$

$$v_{\text{ср.кв.}} = \sqrt{\langle v_x^2 \rangle} = \sqrt{\frac{\xi}{\rho}} = \sqrt{10,01745} \approx 3,165 \text{ м/c}$$

на величину  $\sqrt{\xi} = \sqrt{10,017} \approx 3,165$  (здесь  $R_\mu = k N_0 \cdot 10^3 = 8314,33 \text{ Дж} \cdot \text{кмоль}^{-1} \cdot \text{град}^{-1}$  – универсальная газовая постоянная,  $N_0 = 6,0247 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$  – число Авогадро).

Изменение (уменьшение) скорости не приводит, однако, к нарушению максвеллова распределения, так как средняя кинетическая энергия молекулы воды остается неизменной, поскольку она зависит только от абсолютной температуры,  $E_{\text{кин}} = 3/2(kT)$ . Действительно, давление максвелловой сжимаемой жидкости, (идеального газа),

$$p = \frac{2}{3} \cdot \frac{\rho \langle v^2 \rangle}{2} = \frac{2}{3} E_{\text{кин}}$$

является уравнением состояния идеального газа. Его сравнение с уравнением состояния Менделеева-Клапейрона  $p = RT/V$  (так как  $\rho = 1/V$ ) приводит к понятию абсолютной температуры, которая становится мерой средней кинетической энергии молекулы

$$E_{\text{кин}} = \frac{m \langle v^2 \rangle}{2} = \frac{3}{2} k T.$$

Молекулы воды как материальные частицы, обладая ненулевой массой покоя, характеризуются волновыми свойствами. Волновая теория материальных частиц впервые была предложена Луи де Брайлем (1923г.) и не противоречит устоявшимся понятиям макроскопической физики. Это широко известный и достаточно простой экспериментальный факт, подтверждающий корпускулярно-волновой дуализм материи [2]. Волны материи, введенные Луи де Брайлем, связаны с движущейся частицей, а дебрайлевы длины волн (в нерелятивистском приближении) определяются выражением [2]

$$\lambda \approx h/mc, \quad (3)$$

содержащимся в соотношении (1)

$$\frac{mg}{h\nu_0} = \frac{1}{\lambda},$$

откуда

$$c = \sqrt{\gamma RT / \xi} = \frac{h}{mv}, \quad (4)$$

где  $c = \sqrt{\gamma RT / \zeta} = 119,25 \text{ м/с}$  - адиабатическая скорость звука в идеальном газе воды ( $\gamma = 1,13$  – коэффициент Пуассона);  $v = g/v_0 = 1,204 \cdot 10^{-10} \text{ м/с}$  - дрейфовая скорость молекул воды в поле силы тяжести, тождественная (с учетом  $\zeta$  и пористости) скорости элизионного водообмена [11].

Дрейфовая скорость – это усредненная скорость перемещения молекулы воды в направлении действия силы поля тяжести при ее хаотичных столкновениях с другими молекулами воды [5]. Согласно Больцманову распределению концентрация молекул газа в поле силы тяжести пропорциональна  $\exp(-mgH/kT)$ , т.е. увеличивается в направлении действия поля. Но при наличии градиента концентрации  $dC/dH$  возникает диффузионный поток

$$j = -D(dC/dH). \quad (5)$$

Поскольку концентрация изменяется по закону  $C = \text{const} \exp(mgH/kT)$ , а градиент концентрации  $dC/dH = Cmg/kT$ , то (5) примет окончательный вид

$$j = -CDmg/kT. \quad (5a)$$

Но в стационарном (равновесном) состоянии никакого переноса вещества не может быть. Это значит, что направленный противоположно полю силы тяжести диффузионный поток  $j$  полностью компенсируется направленным вдоль поля дрейфовым потоком, равным

$$Cu = C\lambda g/c = C\lambda F/mc.$$

Приравнивая оба потока, приходим к соотношению Эйнштейна

$$D = kTK,$$

связывающему подвижность молекулы воды  $K = \lambda/mc$  в поле силы тяжести  $F = mg$  с коэффициентом диффузии  $D$ . Следовательно, дрейфовая скорость молекул воды в поле силы тяжести и скорость звука (тепловая скорость молекулы) связаны соотношениями  $v = \lambda g/c$  и  $v = KF$ , позволяющими записать выражение длины волны инфильтрационного водообмена.

$$\lambda_c = \frac{cv}{g}. \quad (6)$$

Для воды по эйстной среды, после подстановки в (6) выражений

$$v = \frac{\Delta p}{\rho_0 c} \text{ и } c^2 = \frac{n_t}{m_L} \frac{\Delta p}{\rho_0},$$

( $n_t, m_L$  – временной и масштабный, соответствен-

но, коэффициенты макро-микропереноса,  $c$  – скорость передачи возмущения в гидрогеологической среде, т.е. скорость звука,  $\Delta p$  – изменение давления,  $\rho_0$  – плотность невозмущенной среды [14]) имеем

$$\lambda_c = \frac{\Delta p}{\rho_0 g} \frac{1}{n_t} \frac{c^2}{m_L} = 1,214 \cdot 10^{-4} \text{ см},$$

что соответствует оценкам, приведенным в [14]

Прямая оценка длины волны де Бройля (при  $\phi=2\pi$  и  $S = h$ ) по (3) дает характерный размер межмолекулярных расстояний квазикристаллической структуры воды  $\delta_\zeta$

$$\lambda \approx h/mc = 6,62 \cdot 10^{-34} / 18,016 \cdot 66 \cdot 10^{-27} \cdot 11925 = \\ = 1,86 \cdot 10^{-8} \text{ см} = \delta_\zeta$$

Параметр  $\delta_\zeta$  можно установить также исходя из следующего. Запишем выражение (1) в виде приведенной к кванту действия  $\hbar$  величины потенциальной энергии  $mgH$ , представляющее собой частоту колебания молекул в положении равновесия в узлах квазикристаллической структуры воды, вытекающее из условия  $S = h$ , соответствующего переходу квантовых статистик в классическую (предельный случай, когда  $\exp(\hbar\omega/kT) \gg 1$ ), т.е.

$$\xi mgH/\hbar = \omega \text{ или } \xi mgH/h = v.$$

Приравняем это выражение единице ( $v = 1$ )

$$\xi mgH/h = 1,$$

что соответствует “квазистатическому состоянию” молекул в узлах квазикристаллической структуры воды. Это позволяет определить среднее значение характеристического размера межмолекулярных расстояний в квазикристаллической структуре воды  $\delta_\zeta$ :

$$\delta_\zeta = H = (hv/\xi mg)_{v=1} = 2,25 \cdot 10^{-8} \text{ см}, \quad (7)$$

что находится в согласии с размером молекулы воды ( $H_2O$ )  $\delta = 1,51 \cdot 10^{-8} \text{ см}$ , рассчитанным на основе данных о длине связи O-H (равновесное расстояние  $r_e = 0,96 \cdot 10^{-8} \text{ см}$ ) и углу связи H-O-H (равновесный угол  $2\alpha_e = 104,52^\circ$ ), установленных по вращательно-колебательному спектру ее пары [17]. Для сравнения – в обычном кристалле льда-I ядра атомов кислорода двух соседних молекул расположены на расстоянии  $r_e = 2,76 \cdot 10^{-8} \text{ см}$  ( $0^\circ\text{C}$ ) [17]. Вообще, размеры молекулы воды зависят в основном от ее квантового состояния и мало –

от ее колебательных состояний.

Проанализируем геологические следствия полученного выше выражения характеристического размера межмолекулярных расстояний в квазикристаллической структуре воды (7). Оно показывает, что вариации значения ускорения силы тяжести  $g$  влияют на значения характеристического размера межмолекулярных расстояний  $\delta_c$  воды обратно пропорционально. Поэтому, на экваторе Земли, где  $g_e = 978,045 \text{ см}/\text{с}^2$  [3] минимально, плотность (при постоянном объеме) должна быть также минимальна, а на полюсах Земли, где  $g_p = 983,235 \text{ см}/\text{с}^2$  [3] максимально, плотность должна быть также максимальна.

Относительная величина изменения силы тяжести составляет  $(g_p - g_e)/g_e = 1/188,45$ , т.е. 0,53%. Таким образом, градиент поля силы тяжести в направлении полюс-экватор составляет  $5,19 \text{ мгаль}/40 \text{ тыс. км} = 0,13 \text{ мгаль}/\text{км}$  [3]. Существование, хотя и крайне малого по величине, градиента поля силы тяжести должно приводить к пропорционально соответствующему изменению характеристического размера межмолекулярных расстояний воды в направлении полюс-экватор. Вместе с тем, на поверхности Земли существуют и вертикальные градиенты поля силы тяжести. Так, крупнейшие гравитационные аномалии имеют размах  $\pm 40 \text{ мгаль}$ , а с учетом редукции Буге до  $\pm 200 \pm 350 \text{ мгаль}$  (от 0 до 40 мгаль в срединно-океаническом хребте, а с учетом редукции Буге до 200 мгаль, и от 0 до -40 мгаль, а с учетом редукции Буге до 200-350 мгаль, в глубоководных океанических котловинах).

Немаловажным глобальным фактором изменчивости силы тяжести являются периодические космогенные лунно-солнечные твердые приливы в земной коре (и в мировом океане), дважды в сутки обегающие планету, с амплитудой до десятков сантиметров (максимальной при крайне редких солнечных затмениях). Колебания лунно-солнечного гравитационного потенциала связано с периодически протекающим разуплотнением во время прилива – подъема коры, сопровождающимся уменьшением плотности пород и, как следствие, силы тяжести и последующим уплотнением во время отлива – опускания коры, сопровождающимся увеличением плотности пород и, как следствие, силы тяжести и состоит из нескольких сотен гармоник, распадающихся на

несколько групп: третье-, полу и суточные приливы, каждая из которых включает десятки волн различной амплитуды, отличающихся до 4-х порядков. Приливные волны Луны и Солнца составляют три основных типа: долго-периодические, суточные и полусуточные. Первые считаются стоячими, вторые и третьи – упругими волнами, бегущими в земной коре с востока на запад с периодом от нескольких часов до суток (23,9 часа). Наибольшую амплитуду имеют волны с периодами 13,66 и 27,55 суток.

На необходимость изучения влияния поля силы тяжести на структуру воды указывает А.М.-Блох [1, стр. 115] “*На свойства воды, по всей вероятности, влияет также поле силы тяжести*” (стр.48). И далее “*....можно ожидать, что при исчезновении силы тяжести структура воды разупорядочивается и ее структурная температура в условиях невесомости становится более высокой, чем в условиях нормального для земной поверхности гравитационного притяжения*”.

Существование рассмотренного явления, вероятно, сказывается на ряде природных процессов, например, закономерности вертикальной гидрогеохимической зональности в артезианских бассейнах, которая до сих пор является предметом дискуссий. В частности, гравитационная гипотеза формирования химического состава подземных вод платформенных депрессий (гипотеза гравитационной дифференциации ионов) К.В. Филатова вполне согласуется с установленным выше явлением, так как именно платформенные депрессии характеризуются положительными аномалиями поля силы тяжести – гравитационными максимумами. Не менее важно его использование в проблемах нефтяной геологии и гидрогеологии, а также инфильтрагенного рудообразования, характерного, например, для радиоактивного сырья, так как локализация минерального сырья контролируется пространственно совпадающими окислительно-восстановительными барьерами и пьезомини-мумами, расположенными в подземной гидросфере на стыке преимущественного развития элизионного и инфильтрационного гидродинамических режимов [7-9].

В заключение отметим, что отношение показателей экспонент классического и квантового распределений, соответствующее удвоенному отношению классического действия к кванту

действия (1)

$$\alpha = \frac{2S}{h} = \frac{2\beta' H}{\xi} = 1,087338 \cdot 10^{-4} H, \quad (1)$$

отвечает отношению полной энергии классического линейного (одномерного) гармонического осциллятора  $\epsilon = mgH$  к нулевой энергии квантового линейного гармонического осциллятора  $\epsilon_0 = \hbar v/2$ .

Для гидрогеологических расчетов, в соответствии с линейной размерностью гидрогеологических параметров, примем  $H = 1 \text{ м}$ . Следовательно, в этом случае  $\alpha \approx 10^{-2}$ . Использование этого соотношения позволяет по характерной скорости элизионного (деформационного) течения [11-13]

$$v_{\text{элиз}} = \tau_0 g \approx 10^{-5} \div 10^{-6} \text{ м/сут} \quad (7)$$

(на глубинах 0 - 2000 м с геотемпературами до 100°C период осцилляций  $\tau \sim 10^{11} \div 10^{12} \text{ с}$  [16,17]) оценить характерную скорость инфильтрационного водообмена по выражению

$$v_{\text{инф}} = v_{\text{элиз}} / \alpha \sim v_{\text{элиз}} / 10^{-2} \sim 10^{-3} \div 10^{-4} \text{ м/сут}$$

и соответствующую этой скорости плотность инфильтрационного потока (модуль подземного стока) в артезианских геоструктурах

$$q \sim 1 \div 10 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2,$$

которые контролируются как водопроницаемостью глинистых водоупоров, разделяющих водоносные комплексы, так и водопроводимостью зон линеаментов. При этом водопроницаемость (коэффициент фильтрации) для значений градиента  $I = 10^{-3} \div 10^{-4}$  составит

$$K_\phi = v_{\text{инф}} / I = 0,1 \div 10 \text{ м/сут.}$$

Такие значения градиента и коэффициента фильтрации характерны, например, для меловых водоносных комплексов Туранской плиты [7-9], в том числе Сырдарьинского артезианского бассейна [15].

При этом в пластах с градиентом  $I = 10^{-3} \div 10^{-4}$  коэффициент фильтрации  $K_\phi = 0,1 \div 10 \text{ м/сут}$

и коэффициент фильтрации  $K_\phi = 0,1 \div 10 \text{ м/сут}$

и коэффициент фильтрации  $K_\phi = 0,1 \div 10 \text{ м/сут}$

и коэффициент фильтрации  $K_\phi = 0,1 \div 10 \text{ м/сут}$

## ЛИТЕРАТУРА

- Блох А.М. Структура воды и геологические процессы. -М., 1969.
- Вихман Э. Квантовая физика.-М., 1977.
- Гравиразведка. Справочник геофизика.- М., 1990.
- Григорьев В.И., Мякишев Г.Я. Силы в природе. -М., 1988.
- Ландау Л.Д., Ахиезер А.И., Лишин Е.М. Курс общей физики. Механика и молекулярная физика. -М., 1965.
- Ландау Л.Д., Лишин Е.М. Теоретическая физика. Т. III. Квантовая механика (нерелятивистская теория). -М., 1989.
- Порядин В.И. Квантовая гидродинамика природных водонапорных систем. // Изв. АН КазССР. Сер. геол. 1974, №6. С. 62-70.
- Порядин В.И. Термогидродинамические условия нефтегазоносности Западного Казахстана. Алма-Ата. 1983.
- Порядин В.И. Принципы термогидродинамического анализа седиментационных бассейнов. // Автореф. дисс. д.г.-м.н. Алма-Ата, 1988.
- Порядин В.И. Проблемы синергетики геосистем. Термодинамика ползучести в литосфере: геоФильтрация и галокинез //Материалы международного семинара: "Самоорганизация природных и социальных систем". 6-8 июня 1995 г. Алматы. 1995. С. 58-59.
- Порядин В.И. Особенности инфильтрационного водообмена в пласте. // Геология Казахстана. 2002, № 2. С. 80-89.
- Порядин В.И. К молекулярно-кинетическому обоснованию законов фильтрации и сверх-текущести подземных вод. // Геология Казахстана. 2003, № 1. С. 71-80.
- Порядин В.И. К представлению пластовых давлений и подземного стока артезианских геоструктур большинством распределением и газом. // Известия НАН РК. Серия геологическая. 2004, №2. С. 75-89.
- Порядин В.И. К методике аналитической оценки естественных гидродинамических параметров пласта в условиях неоднородности с элементами подземной волновой гидродинамики. / Известия НАН РК. Серия геологическая. 2006, № 6. С. 36-50.
- Сырдарьинский артезианский бассейн: математическое моделирование ресурсов подземных вод в условиях техногенеза. Алма-Ата. 1992.
- Френкель Я.И. Кинетическая теория жидкостей. М.-Л., 1945.
- Эйзенберг Д., Кауцман В. Структура и свойства воды. М., 1975.