

Лагутин Е.И.

**БОРБОРДУК АЗИЯДАГЫ ИЧКИ ОРОГЕНДИК ЖЕР АСТЫНДАГЫ
СУУ АГЫМДАРЫН МОДЕЛДӨӨ**

Лагутин Е.И.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОГИДРОЛОГИИ
ПОДЗЕМНОГО СТОКА ВНУТРИКОНТИНЕНТАЛЬНЫХ
ОРОГЕНОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ**

E.I. Lagutin

**MODELING GEOLOGY OF HYDROLOGY
OF UNDERGROUND FLOW OF INTRACONTINENTAL
OROGENES OF CENTRAL ASIA**

УДК: 556.3; 556.38 (574.5; 628.1)

Жер алдындагы агымдын калыптануусунун негизги түзүмдүк элементтерине үч гидродинамикалык зона кирет: жогорку – активдүү суу алмашуу зонасы, изилдөө предмети катары, орто – татаалдашкан суу алмашуу зонасы, жана төмөнкү – сенек суу режимине бөлүнгөн жер алдындагы гидросферанын геогидродинамикалык тутумдары киргизилди. Жер алдындагы гидросферанын жогору гидродинамикалык зонасы – жер алдындагы суу тарамдарына бөлүнгөн жер алдындагы агымдын бассейндеринин жыйындысы. Акыркы - ар түрдүүлүк теңдемелердин базасында жер алдындагы агымдын калыптануусунун геогидрологиялык шарттарынын логикалык-математикалык үлгүсү жана жер алдындагы суулардын табигый ресурстарын эсептөөнүн жыйынтыктарын берүүнүн матрицалык формасы иштелип чыкты.

Негизги сөздөр: орогендер, жер алдындагы агым, зоналар, геогидродинамикалык тутумдар, геогидрология, бассейндер, камсыз болуу, өкүлчүлүк, прогноз, динамика.

К основным структурным элементам формирования подземного стока отнесены геогидродинамические системы подземной гидросферы, подразделенные на три гидродинамические зоны: верхняя – зона активного водообмена, средняя – затрудненного водообмена и нижняя – застойного водного режима. Верхняя гидродинамическая зона, являющаяся предметом исследований, есть совокупность бассейнов подземного стока, разделенных подземными водоразделами. Разработана логико-математическая модель геогидрологических условий формирования подземного стока на базе конечно-разностных уравнений и матричная форма представления результатов расчета естественных ресурсов подземных вод.

Ключевые слова: орогены, подземный сток, зональность, геогидродинамические системы, геогидрология, бассейны, обеспеченность, представительность, прогноз, динамика.

It is shown based on the example of the intracontinental orogens of central Asia that the basic structural element of the formation of underground drain are “geo-hydrodynamic systems” of underground hydrosphere, which include in the general case all three hydrodynamic zones (on Ignatovich - Makarenko). The upper parts of such geo-hydrodynamic systems, implicated in the zone of active water exchange, are separated by the name “the ponds of underground drain”. It is shown that the upper hydrodynamic zone being a subject of researches, of underground hydrosphere under the conditions of

intracontinental orogens exists in a specific manner the arranged totality of the ponds of underground drain, divided by underground watersheds. Is represented the logic-mathematical model of the formation of underground drain, realized on the base of finite-difference equations.

Key words: orogens, underground drain, formation, zonality, geo-hydrodynamic systems, the ponds of underground drain, estimation, security, impressiveness, forecast, dynamic.

В настоящее время более 2 млрд чел. испытывают нехватку питьевой воды, а в 2025 г. ожидается дефицит воды для более 50% населения Земли.

Пригодная ежегодная для использования часть водных ресурсов из 40 тыс. км³ объема суммарного мирового речного стока составляет 13 тыс. км³. Фактически в настоящее время используется от 2100 до 4000 км³.

К 2025 г. предусматривается по данным прогноза Всемирного банка, использовать до 40% водных ресурсов мира, а к середине XXI века 12 тыс. км³, то есть 95%.

Вышеприведенное повышает стратегическую роль подземных вод, как надежного источника воды для питья и сельского хозяйства, что важно для устойчивого развития стран Центральной Азии [1-7].

Гидрогеологические вопросы исследования подземных вод получили определенное развитие, однако геогидрология подземного стока внутриконтинентальных орогенов не достаточно изучена и является актуальной проблемой [1-7].

Комплексный водный баланс исследуемого региона и их ресурсы с учетом глобального изменения климата и взаимосвязи поверхностных и подземных вод рассмотрены в работах Ахмедсафина У.М. (1964г.) Казахстан; Маматканова Д.М., Бажановой Л.В., Романовского В.В. и др. (2000-2014 гг.), Эрешева А. А. (1997, 2013 гг.) Кыргызстан; Саидова И.И. (2012, 2014 гг.) Таджикистан [1-7].

Изучение подземных вод свидетельствуют о необходимости совершенствования в направлении гео-гидрологии, современных принципов и схем гидро-геологического районирования.

Автором, разработаны для обоснования гео-гидрологии, как нового решения проблемы взаимосвязи поверхностных и подземных вод, математические модели процессов формирования и распределения подземного стока и расчета потенциала водных ресурсов региона ЦА [5].

Оценка для внутриконтинентальных орогенов подземного стока зоны активного водообмена, производится в конечных разностях на основе анализа балансовых уравнений подземного потока, с учетом фактора питания на верхней границе гидродинамической структуры и связей бассейна, и определяются нижеследующим общим уравнением:

$$Q(\Gamma) = \{Q_i[P_{|R|}]\}, \quad (1)$$

где $Q(\Gamma)$ – система элементарных расходов (Q_i), объединяемых структурой отношений (R) с фиксированными свойствами (P).

Элементарный расход (Q_i) для условий бассейна подземного стока системы (Γ) в общем случае определяется балансовым отношением

$$Q_i |_{\Gamma} = Q_{i-1} |_{\Gamma} + Q_i (W_{ij}) |_{\Gamma}, \quad (2)$$

где $Q_i (W_{ij}) |_{\Gamma}$ – расход подземного потока, формирующийся под воздействием факторов питания подземных вод (W_j) на площади элементарной ячейки (i).

При этом учитывается питание на верхней границе потока, так как нижняя граница проходит параллельно потоку подземных вод по определению [5].

В свою очередь:

$$Q_i (W_{ij}) |_{\Gamma} = \int_{\Gamma, k, l, m} \sum(i) \sum(j) Q_i (F_{ij}) * \eta_j * \varphi_i * \Delta t, \quad (3)$$

где η_j – коэффициенты, учитывающие совместное влияние множества факторов (F_j), приложенных к элементарной ячейке (i); φ_i – коэффициент, учитывающий положение элементарной ячейки в системе (Γ).

Структура связей бассейна подземного стока гео-гидродинамической системы $[P_{|R|}]$ выражается в виде набора элементов (Γ, k, l, m), связанных соответствующими отношениями на основе неразрывности (целостности) подземного потока, гидрогеологической зональности, структуры баланса подземных вод, характера и значений величины $[Q_i (W_{ij})]$, способной изменяться в широких пределах $0 > Q_i (W_{ij}) > 0$.

Бассейн подземного стока включает, как правило, более мелкие структурные элементы-геогидродинамические пояса (Γ_k), гео-гидродинамические зоны (Γ_k^l), потоки подземных вод ($\Gamma_k^l m$). Основные принципы выделения указанных элементов приведены в таблице 1 [5].

В свою очередь:

$$Q_i (W_{ij}) |_{\Gamma} = \int_{\Gamma, k, l, m} \sum(i) \sum(j) Q_i (F_{ij}) * \eta_j * \varphi_i * \Delta t, \quad (4)$$

где η_j – коэффициенты, учитывающие совместное влияние множества факторов (F_j), приложенных к элементарной ячейке (i); φ_i – коэффициент, учитывающий положение элементарной ячейки в системе (Γ).

Потоки подземных вод ($\Gamma_k^l m$) являются элементарными, то есть наиболее мелкими таксономическими единицами гео-гидродинамической зоны с изотропными гидрогеологическими параметрами, и различаются по гидрогеологическим показателям, в том числе водопроницаемости и значениям отдельных элементов баланса.

Для элементарной ячейки (поток подземных вод) в диссертации рассмотрены и математически представлены взаимосвязи: «атмосфера ↔ поверхностный сток ↔ зона аэрации ↔ грунтовые воды» [5, 6].

Итогом этих взаимодействий, выраженном в виде величины инфильтрационного питания (W), является подземный сток, формирующийся на площади элементарной ячейки (см. табл. 1) [5].

Совокупный подземный сток элементарных ячеек в пределах более крупных таксономических подразделений представляет собой естественные ресурсы подземных вод бассейнов подземного стока в целом [2, 4, 5].

Гео-гидрологические оценки подземного стока не должны по точности уступать расчетам величин поверхностного, что требует статистической обработки всего ряда мониторинговых исходных параметров [5]:

а. уровней подземных вод и гидравлических уклонов при гидродинамических расчетах;

б. параметров соответствующих интегральных кривых и необходимых показателей соответствующего уровня обеспеченности от 50% до 75%.

Важнейшим элементом гео-гидрологических расчетов является прогноз как подземного, так и поверхностного стока, исследование временных рядов изменения водных ресурсов, их уровней, расходов, а также природных и хозяйственных факторов.

Приведенные выше факторы являются стохастическими и обладают достаточно сильными внутри-рядными связями.

Классификация принципов выделения геогидрологических таксономических элементов подземного стока на примере Тянь-Шаня

Элементы	Индекс	Принцип выделения	Гидрогеологические условия на границах (в плане)	Условия питания на верхней границе потока
Геогидродинамические системы (бассейны подземного стока)	$n\Gamma$ (для Тянь-Шаня $n=29$)	1. Гидравлическая обособленность в подземной гидросфере. 2. Единство формирования подземных водных масс.	$T(x,y)*dH/dx \rightarrow 0;$ $T(x,y)*dH/dy \rightarrow 0;$ $H(x,y,t) \rightarrow 0;$ $I_{\text{под}} \rightarrow 0; Q_{\text{под}} \rightarrow 0;$	$W_{\text{в}} \Gamma \rightarrow Q(t);$
Геогидродинамические пояса	$n\Gamma k$ (для Тянь-Шаня $k=1,2,3$)	Преобладание главных типов гидрогеологических условий ($K=1$. Трещинных подземных вод - Γ_1 ; $K=2$. Порово-трещинных подземных вод - Γ_2 ; $K=3$. Поровых подземных вод - Γ_3 .)	$H(x,y,t) \Gamma k \rightarrow Const;$ $H(x,y,t) \Gamma k \rightarrow F(t).$	$W_{\text{в}} \Gamma_1 \gg 0;$ $W_{\text{в}} \Gamma_2 \geq 0;$ $W_{\text{в}} \Gamma_3 < 0.$
Геогидродинамические зоны	$n\Gamma k^l$ ($l=1,2,3,4$)	1. Однородность структуры баланса подземных вод. 2. Однородность условий взаимодействия подземных и поверхностных вод.	$T(x,y)*dH/dx \Gamma k^l \neq T(x,y)*dH/dx \Gamma k^2 \neq \dots$ $T(x,y)*dH/dy \Gamma k^l \neq T(x,y)*dH/dy \Gamma k^2 \neq \dots$	Пример для Γ_3 $W_{\text{в}} \Gamma_3 \gg 0;$ $W_{\text{в}} \Gamma_2 \ll 0.$ $W_{\text{в}} \Gamma_1 \leq 0.$ $W_{\text{в}} \Gamma_3^4 \ll 0.$
Потоки подземных вод	$n\Gamma k^l m$ ($m=1,2,3,\dots$)	1. Однородность литологических и гидрогеологических параметров. 2. Некоторая выраженность в рельефе.	$H(x,y,t) \Gamma k^l m \rightarrow F(x,y,t).$ $T(x,y) \Gamma k^l m \neq T(x,y) \Gamma k^l m, \dots$	Определяются принадлежностью к геогидродинамической зоне

Для описания динамического соотношения между непрерывным входом и выходом рассматриваемых случайных процессов в пределах бассейнов подземного стока и, их отдельных элементов, использованы следующие линейные дифференциальные уравнения вида:

$$(1 + \psi_1 D + \psi_2 D^2 + \psi_3 D^3) y = (H_0 + H_1 D + H_2 D^2 + H_3 D^3) x(t-\tau), \quad (4)$$

где D – дифференциальный оператор d/dt ; ψ и H – неизвестные параметры; τ – параметр, измеряющий холостое время и чистое запаздывание выхода относительно входа.

Для дискретных данных представляется система, где вход (x) и выход (y), измеряемые через равные промежутки времени, связаны разностным уравнением:

$$(1 + \zeta_1 + \dots + \zeta_r \nabla^r) y_t = (\eta_0 + \eta_1 \nabla + \dots + \eta_s D^s) x_{t-b}, \quad (5)$$

где дифференциальный оператор D заменен разностным оператором ∇ : $\nabla = Z_t - Z_{t-1}$.

В уравнении (5) достаточно небольшого числа параметров ($\nabla \leq 2$) для описания динамических систем достаточно сложной природы.

Однородный нестационарный процесс может быть описан моделью, которая требует, чтобы $(d-j)$ разность процесса была стационарной.

На практике d обычно равно 0, 1 или 2.

Смоделированный таким образом процесс описывается как модель для авторегрессии-проинтегрированного скользящего среднего порядка (p,d,q) .

Процесс определен как:

$$\omega_t = \theta_1 \omega_{t-1} + \dots + \theta_p \omega_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q}, \quad (6)$$

$$\text{где } \omega_t = \nabla^d z_t. \quad (7)$$

на две основные категории – высоких орогенов (Тянь-Шань, Памиро-Алай) и низких орогенов (Казахская плита). Кыргызстан, представленный Тянь-Шанем и Памиро-Алаем, является репрезентативным регионом для выявления закономерности формирования, движения и изменения подземного стока в гидросфере высоких орогенов ЦА.

Выводы.

1. Разработанная автором для оценки и типизации геогидрологических стратифицированных границ и структур подземного стока гидрогеосферы логико-математическая модель, является одним из обоснований основ нового научного направления «Гео-гидрология» на примере регионального подземного стока внутриконтинентальных орогенов Центральной Азии.

2. Оценка ресурсного потенциала подземного стока орогенов Центральной Азии проводится на репрезентативных территориях: а. высокие орогены - Кыргызстан; б. низкие орогены - Центральный Казахстан.

Литература:

1. Лагутин Е.И. Гидрогеология СССР, т.XL – Киргизская ССР. - С.7-18; С. 33-37; С.167-197; С. 212-218; С. 218-219: кн. - М., «Недра», 1971. - 487 с.
2. Антыпко Б.Е., Лагутин Е.И., Самарина В.С., Островский Л.А. Тянь-Шаньско-Джунгаро-Памирская гидрогеологическая складчатая область с системой межгорных артезианских бассейнов. Гидрогеология СССР, Сводный том, Часть I - Региональные закономерности формирования и распространения подземных вод СССР: кн., глава VIII - М.: «Недра», 1976. - С. 448-498.
3. Лагутин Е.И. Жер алтындагы суулар – Кыргызстандын жайыттарына. - Фрунзе: «Кыргызстан», 1976. - 88 с.
4. Лагутин Е.И. Подземные водохранилища на пастбищах Центрального Казахстана [Текст] / Е.И. Лагутин. - Тараз: «Формат-Принт», 2009. - 178 с.
5. Лагутин Е.И. Геогидрология Кыргызстана. - Бишкек: Издательский центр «Текник», 2013. - 276 с.
6. Лагутин Е.И. Подземные воды Казахской плиты. Алматы-Тараз: «Формат-Принт», 2014. - 402 с.
7. Маматканов Д.М., Бажанова Л.В., Романовский В.В. Водные ресурсы Кыргызстана на современном этапе. - Бишкек: Илим, 2006. - 238 с.

Рецензент: д.геол.-мин.н. Садыбакасов И.С.