

ISSN 1991-3494

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Ш Ы С Ы

ВЕСТНИК

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

THE BULLETIN

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

1944 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ИЗДАЕТСЯ С 1944 ГОДА
PUBLISHED SINCE 1944

4

АЛМАТЫ
АЛМАТЫ
ALMATY

2016

ШІЛДЕ
ИЮЛЬ
JULY

Б а с р е д а к т о р

ҚР ҰҒА академигі

М. Ж. Жұрынов

Р е д а к ц и я а л қ а с ы :

биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Айтхожина Н.А.**; тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байпақов К.М.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байтулин И.О.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Берсімбаев Р.И.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Газалиев А.М.**; а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Дүйсенбеков З.Д.**; а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Елешев Р.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Қалменов Т.Ш.**; фил. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Нысанбаев А.Н.**; экон. ғ. докторы, проф., ҰҒА академигі **Сатубалдин С.С.**; тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбжанов Х.М.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішев М.Е.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішева З.С.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Абсадықов Б.Н.** (бас редактордың орынбасары); а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Баймұқанов Д.А.**; тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Байтанаев Б.А.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Давлетов А.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Қалимолдаев М.Н.**; геогр. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Медеу А.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Мырхалықов Ж.У.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Огарь Н.П.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Таткеева Г.Г.**; а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Үмбетаев И.**

Р е д а к ц и я к е ñ е с і :

Ресей ҒА академигі **Велихов Е.П.** (Ресей); Әзірбайжан ҰҒА академигі **Гашимзаде Ф.** (Әзірбайжан); Украинаның ҰҒА академигі **Гончарук В.В.** (Украина); Армения Республикасының ҰҒА академигі **Джрбашян Р.Т.** (Армения); Ресей ҒА академигі **Лаверов Н.П.** (Ресей); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Москаленко С.** (Молдова); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Рудик В.** (Молдова); Армения Республикасының ҰҒА академигі **Сагян А.С.** (Армения); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Тодераш И.** (Молдова); Тәжікстан Республикасының ҰҒА академигі **Якубова М.М.** (Тәжікстан); Молдова Республикасының ҰҒА корр. мүшесі **Лупашку Ф.** (Молдова); техн. ғ. докторы, профессор **Абиев Р.Ш.** (Ресей); техн. ғ. докторы, профессор **Аврамов К.В.** (Украина); мед. ғ. докторы, профессор **Юрген Аппель** (Германия); мед. ғ. докторы, профессор **Иозеф Банас** (Польша); техн. ғ. докторы, профессор **Гарабаджиу** (Ресей); доктор PhD, профессор **Ивахненко О.П.** (Ұлыбритания); хим. ғ. докторы, профессор **Изабелла Новак** (Польша); хим. ғ. докторы, профессор **Полещук О.Х.** (Ресей); хим. ғ. докторы, профессор **Поняев А.И.** (Ресей); профессор **Мохд Хасан Селамат** (Малайзия); техн. ғ. докторы, профессор **Хрипунов Г.С.** (Украина)

Главный редактор

академик НАН РК

М. Ж. Журинов

Редакционная коллегия:

доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **Н.А. Айтхожина**; доктор ист. наук, проф., академик НАН РК **К.М. Байпаков**; доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **И.О. Байтулин**; доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **Р.И. Берсимбаев**; доктор хим. наук, проф., академик НАН РК **А.М. Газалиев**; доктор с.-х. наук, проф., академик НАН РК **З.Д. Дюсенбеков**; доктор сельскохоз. наук, проф., академик НАН РК **Р.Е. Елешев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Т.Ш. Кальменов**; доктор фил. наук, проф., академик НАН РК **А.Н. Нысанбаев**; доктор экон. наук, проф., академик НАН РК **С.С. Сатубалдин**; доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Х.М. Абжанов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Е. Абишев**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **З.С. Абишева**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Б.Н. Абсадыков** (заместитель главного редактора); доктор с.-х. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Д.А. Баймуканов**; доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Б.А. Байтанаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **А.Е. Давлетов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Н. Калимолдаев**; доктор геогр. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **А. Медеу**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Ж.У. Мырхалыков**; доктор биол. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Н.П. Огарь**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Г.Г. Таткеева**; доктор сельскохоз. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **И. Умбетаев**

Редакционный совет:

академик РАН **Е.П. Велихов** (Россия); академик НАН Азербайджанской Республики **Ф. Гашимзаде** (Азербайджан); академик НАН Украины **В.В. Гончарук** (Украина); академик НАН Республики Армения **Р.Т. Джрбашян** (Армения); академик РАН **Н.П. Лаверов** (Россия); академик НАН Республики Молдова **С. Москаленко** (Молдова); академик НАН Республики Молдова **В. Рудик** (Молдова); академик НАН Республики Армения **А.С. Сагиян** (Армения); академик НАН Республики Молдова **И. Тодераш** (Молдова); академик НАН Республики Таджикистан **М.М. Якубова** (Таджикистан); член-корреспондент НАН Республики Молдова **Ф. Лупашку** (Молдова); д.т.н., профессор **Р.Ш. Абиев** (Россия); д.т.н., профессор **К.В. Аврамов** (Украина); д.м.н., профессор **Юрген Аппель** (Германия); д.м.н., профессор **Иозеф Банас** (Польша); д.т.н., профессор **А.В. Гарабаджиу** (Россия); доктор PhD, профессор **О.П. Ивахненко** (Великобритания); д.х.н., профессор **Изабелла Новак** (Польша); д.х.н., профессор **О.Х. Полещук** (Россия); д.х.н., профессор **А.И. Поняев** (Россия); профессор **Мохд Хасан Селамат** (Малайзия); д.т.н., профессор **Г.С. Хрипунов** (Украина)

«Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан». ISSN 1991-3494

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5551-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 2000 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел. 272-13-19, 272-13-18.

www: nauka-nanrk.kz, bulletin-science.kz

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2016

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75

Editor in chief

M. Zh. Zhurinov,
academician of NAS RK

Editorial board:

N.A. Aitkhozhina, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **K.M. Baipakov**, dr. hist. sc., prof., academician of NAS RK; **I.O. Baitulin**, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **R.I. Bersimbayev**, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **A.M. Gazaliyev**, dr. chem. sc., prof., academician of NAS RK; **Z.D. Dyusenbekov**, dr. agr. sc., prof., academician of NAS RK; **R.Ye. Yeleshev**, dr. agr. sc., prof., academician of NAS RK; **T.Sh. Kalmenov**, dr. phys. math. sc., prof., academician of NAS RK; **A.N. Nysanbayev**, dr. phil. sc., prof., academician of NAS RK; **S.S. Satubaldin**, dr. econ. sc., prof., academician of NAS RK; **Kh.M. Abzhanov**, dr. hist. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.Ye. Abishev**, dr. phys. math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Z.S. Abisheva**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **B.N. Absadykov**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK (deputy editor); **D.A. Baimukanov**, dr. agr. sc., prof., corr. member of NAS RK; **B.A. Baytanayev**, dr. hist. sc., prof., corr. member of NAS RK; **A.Ye. Davletov**, dr. phys. math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.N. Kalimoldayev**, dr. phys. math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **A. Medeu**, dr. geogr. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Zh.U. Myrkhalykov**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **N.P. Ogar**, dr. biol. sc., prof., corr. member of NAS RK; **G.G. Tatkeeva**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **I. Umbetayev**, dr. agr. sc., prof., corr. member of NAS RK

Editorial staff:

E.P. Velikhov, RAS academician (Russia); **F. Gashimzade**, NAS Azerbaijan academician (Azerbaijan); **V.V. Goncharuk**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **R.T. Dzhrbashian**, NAS Armenia academician (Armenia); **N.P. Laverov**, RAS academician (Russia); **S.Moskalenko**, NAS Moldova academician (Moldova); **V. Rudic**, NAS Moldova academician (Moldova); **A.S. Sagiyan**, NAS Armenia academician (Armenia); **I. Toderas**, NAS Moldova academician (Moldova); **M. Yakubova**, NAS Tajikistan academician (Tajikistan); **F. Lupaşcu**, NAS Moldova corr. member (Moldova); **R.Sh. Abiyev**, dr.eng.sc., prof. (Russia); **K.V. Avramov**, dr.eng.sc., prof. (Ukraine); **Jürgen Appel**, dr.med.sc., prof. (Germany); **Joseph Banas**, dr.med.sc., prof. (Poland); **A.V. Garabadzhiu**, dr.eng.sc., prof. (Russia); **O.P. Ivakhnenko**, PhD, prof. (UK); **Isabella Nowak**, dr.chem.sc., prof. (Poland); **O.Kh. Poleshchuk**, chem.sc., prof. (Russia); **A.I. Ponyaev**, dr.chem.sc., prof. (Russia); **Mohd Hassan Selamat**, prof. (Malaysia); **G.S. Khripunov**, dr.eng.sc., prof. (Ukraine)

Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

ISSN 1991-3494

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of Information and Archives of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan N 5551-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 2000 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

<http://nauka-nanrk.kz/>, <http://bulletin-science.kz>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2016

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

WATER BALANCE METHOD OF ASSESSING REPLENISHMENT RESOURCE OF GROUNDWATER IN A RIVER BASIN

V. I. Poryadin¹, M. G. Akynbaeva¹, D. K. Adenova²

¹U. M. Ahmedsafin Research Institute of Hydrogeology and Geoecology, Almaty, Kazakhstan,

²Kazakh National Research Technical University named after K. I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: viktor.poryadin@mail.ru

Key words: ground water, replenishment, resources, assessment, water balance.

Abstract. Groundwater, composing an intrinsic part of the hydrosphere of the Earth is the general and sometimes the main resource of drinking water of mankind. The primary mechanism for replenishment of the natural groundwater resources is a process of infiltration of precipitation on groundwater level – infiltration, has been-sort of an underground drain as a major component of the global water cycle.

The formation of groundwater infiltration, which is the basis of its natural resources – secured total power average flow rate groundwater zone of intensive water exchange displays, however, the globaltion biogeological cycle of matter circulation of biogeosphere – part of the biosphere, V. I. Vernadsky, arising under the influence of the Sun's energy and vital functions of biogeocenoses.

Methods of estimation of infiltration recharge and natural groundwater resources include: water balance – solution of differential equation of water balance; hydrological-hydrogeological – genetic separation of river hydrograph; hydrogeodynamic – solution of inverse problems of geofiltration; hydrogeological modeling.

Water balance method is the most valid, reliable, and simple, accessing and operational way of assessing replenishment of the groundwater basin.

УДК 551.4:556.3:556.38

ВОДНОБАЛАНСОВЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ВОСПОЛНЕНИЯ РЕСУРСА ПОДЗЕМНЫХ ВОД РЕЧНОГО БАССЕЙНА

В. И. Порядин¹, М. Ж. Акынбаева¹, Д. К. Аденова²

¹Исследовательский институт гидрогеологии и геоэкологии им. У. М. Ахмедсафина, Алматы, Казахстан,

²Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан

Ключевые слова: подземные воды, восполнение, ресурсы, оценка, водный баланс.

Аннотация. Подземные воды, составляя неотъемлемую часть гидросферы Земли, являются основным, а местами главным, ресурсом питьевого водообеспечения человечества. Основным механизмом восполнения естественных ресурсов подземных вод является процесс проникновения атмосферных осадков на уровень подземных вод – инфильтрация, формирующая подземный сток в качестве важнейшей составной части глобального круговорота воды в природе.

Формирование инфильтрационного питания подземных вод, являющегося основой их естественных ресурсов – обеспеченного суммарным питанием среднесуточного расхода потока подземных вод зоны интенсивного водообмена, отображает глобальный биогидрологический цикл круговорота вещества биогидросферы – части биосферы В. И. Вернадского, протекающим под влиянием энергии Солнца и жизнедеятельности биогеоценозов.

Методы оценки инфильтрационного питания и естественных ресурсов подземных вод включают: водно-балансовый – решение дифференцированного уравнения водного баланса; гидролого-гидрогеологический –

генетического расчленения гидрографа реки; гидрогеодинамический – решение обратных задач геофильтрации; гидрогеологического моделирования.

Воднобалансовый метод является наиболее корректным, надежным и простым, доступным и оперативным способом оценки восполнения подземных вод речного бассейна.

Подземные воды являются составной и неотъемлемой частью гидросферы Земли, пронизывая ее литосферу и образуя подземную гидросферу – специфическую гидрогеологическую оболочку. Следовательно, источником формирования подземных вод и динамического ее качества – подземного стока, является сама гидросфера в трех своих агрегатных состояниях: жидком, твердом и газообразном, реализуемым как через атмосферные осадки и поверхностный сток, так и конденсацию парообразной влаги в зоне аэрации.

Базовой основой гидрографии и гидрологии, как известно, является речной бассейн, тогда как гидрограф реки – базовая основа гидролого-гидрогеологического метода оценки восполнения естественных ресурсов подземных вод в речном бассейне в целом или его части, разработанного в 60-х годах XX-го столетия Б. И. Куделиным в качестве подземного стока в реку [1].

Факторы восполнения естественных ресурсов подземных вод, проявляющиеся в качестве подземного стока в реки, находятся на стыке двух наук – гидрогеологии и гидрологии. Это предопределило большую сложность и необходимость применения комплексного гидролого-гидрогеологического подхода к решению проблемы.

Вместе с тем, гидролого-гидрогеологические исследования закономерностей восполнения и режима подземного стока в зависимости от геологического строения, гидрогеологических условий речных бассейнов, типов режима подземного стока в реку из водоносных горизонтов, участвующих в подземном питании рек, а также гидрологического режима рек, подвели научную базу к объективному решению проблемы количественной оценки восполнения естественных ресурсов подземных вод, фиксируемого как подземный сток в реки в период межени. Это, в итоге, окончательно разрешило проблему взаимосвязи подземных и поверхностных вод на основе учета единства природных вод, выдвинутой в 40-х годах XX-го столетия академиком Ф. П. Саваренским.

Основным механизмом восполнения естественных ресурсов подземных вод и формирования подземного стока является процесс проникновения воды на уровень подземных вод – т.н. инфильтрация, представляющая собой важнейшую часть круговорота воды в природе.

Процесс просачивания атмосферных осадков и поверхностных вод в горные породы и почву по капиллярным и субкапиллярным порам, трещинам других пустот и движение этой гравитационной влаги от поверхности Земли через зону аэрации до уровня грунтовых вод достаточно сложен и многогранен. Прежде всего, различают инфильтрацию свободную и нормальную. Свободная инфильтрация – нисходящее движение воды в виде отдельных струй под действием силы тяжести и частично капиллярных сил по трещинам или каналам. Нормальная инфильтрация – движение воды через поры пород зоны аэрации под действием разности напоров. Движение инфильтрационной влаги является ламинарным и подчиняется закону Дарси. При наличии гидравлической связи в зоне аэрации инфильтрующаяся вода достигает зеркала грунтовых вод, при отсутствии – образуется подвешенная влага, отделенная от зеркала грунтовых вод и капиллярной каймы сухим ("мёртвым") горизонтом. Подвешенная влага расходуется на транспирацию и испарение и не участвует в питании подземных вод.

Уравнение водного баланса зоны аэрации – зоны неполного насыщения и инфильтрационного питания подземных вод следует записать в виде [2]:

$$P = S + U + O_s + E_s + E_p + T + Q,$$

где P – атмосферные осадки; S – поверхностный, склоновый, сток (формирует речной сток – избыток влаги не впитавшийся в почву; основной объем поверхностного стока формируется в период весеннего половодья; минимальный объем поверхностного стока устанавливается, как правило, в зимнюю межень и характеризует подземный сток); U – инфильтрационное питание подземных вод (поступление воды на уровень подземных вод, обеспечивающее подземный сток и формирование естественных ресурсов подземных вод); O_s – впитывания влаги в почву (на суглинистых почвах – независимо от ландшафта, затрудненные условия впитывания влаги способствуют

образованию поверхностного стока круглый год, а доля весеннего стока достигает 50%, в то время как на песчаных почвах она может достигать 90% суммы снегозапасов и жидких осадков); E_s – испарение из почвы; E_p – испарение с поверхности почвы; T – транспирация; Q – конденсация влаги (преимущественно капиллярная конденсация пара в капиллярах и микротрещинах пористых тел или в промежутках между тесно сближенными твердыми частицами; обусловлена тем, что равновесное давление водяного пара над вогнутой поверхностью жидкости в капиллярах, содержащих жидкую, смачивающую, фазу воды, ниже, чем над плоской поверхностью).

За многолетний период инфильтрационное питание, осуществляющееся атмосферными осадками и обеспечивающее восполнение естественных ресурсов подземных вод, характеризуется его среднемноголетней величиной, которую по аналогии с осадками именуют нормой инфильтрационного питания. Именно среднемноголетнее инфильтрационное питание подземных вод, в качестве нормы питания, обеспечивает формирование ежегодного восполнения естественных ресурсов подземных вод.

В связи с сбалансированностью приходной и расходной статей баланса за многолетний период в естественных условиях суммарное питание подземных вод равно их суммарной разгрузке, следовательно, суммарное питание подземных вод может быть определено по сумме расходных элементов их баланса: физического испарения и транспирации, родникового стока, разгрузки в поверхностные водотоки и водоемы и оттока в смежные гидрогеологические системы. Поэтому, в практике расчленения гидрографа рек суммарное питание – приходная часть баланса, определяют по расходной статье баланса – подземному стоку в реки [1].

Поскольку не вся вода, поступающая путем инфильтрации в подземные воды, разгружается в реки, оцененная таким образом величина, как правило, бывает меньше, чем суммарное питание. Это связано с тем, что подземные воды частично разгружаются за счет суммарного испарения: физического и биологического (транспирация), наиболее интенсивного в пределах пониженных участков территории (поймы рек, межбрханые понижения, приозерные и приморские котловины и др.), а также, частично, перетекают в вышележащие или глубокозалегающие водоносные горизонты и разгружаются за пределами территории их питания.

Воднобалансовые процессы речного бассейна определяются комплексом факторов: метеорологических (осадки, температура, влажность, солнечная радиация), ландшафтных (лес, степь, пустыня, акватория, урбанизированная территория) и гидролого-гидрогеологических (рельеф, строение зоны аэрации, литологический состав пород, глубина УГВ, условия дренирования), которые в совокупности определяют региональную пространственно-временную изменчивость инфильтрационного питания и восполнения естественных ресурсов подземных вод [3].

Методы оценки инфильтрационного питания и естественных ресурсов подземных вод включают региональные и локальные. Первую группу составляют методы: балансовый – решение дифференцированного уравнения водного баланса; гидролого-гидрогеологический – метод генетического расчленения гидрографа реки; гидрогеодинамический – решение обратных задач геофильтрации, гидрогеологического моделирования [3].

Использование гидролого-гидрогеологического метода подразумевает условия полного дренирования разреза, что существенно ограничивает возможность использования гидрологической информации по речным бассейнам с площадью < 5 тыс. км² [3].

Основные погрешности воднобалансового метода определения инфильтрационного питания связаны с учетом и расчетами эвапотранспирации.

Основные проблемы определения инфильтрационного питания гидрогеодинамическим методом связаны с неопределенной погрешностью оценки геофильтрационных параметров.

Региональные методы, как правило, позволяют оценить лишь интегральные величины инфильтрационного питания и естественных ресурсов подземных вод, не отражая территориальную неоднородность инфильтрационного питания, связанную с различием ландшафтных условий в границах речного бассейна, а также внутригодовую динамичность его формирования.

Локальные методы оценки инфильтрационного питания представлены экспериментальными – лизиметрическими, изотопными, тензиометрическими, влажностными, гидрогеотермическими методами расчетов влагопереноса в зоне аэрации, а также расчетами инфильтрационного питания

по данным режимных наблюдений за уровнями подземных вод в скважинах. Все они характеризуют величину инфильтрационного питания непосредственно на участке проведения эксперимента и в связи с этим возникает объективная сложность, ограниченность либо проблематичность их использования для оценки восполнения естественных ресурсов подземных вод для обширных территорий.

Инфильтрационное питание подземных вод за счет атмосферных осадков – сложный процесс, зависящий от множества факторов, одним из которых является строение и состав зоны аэрации. Свойства пород и строение зоны аэрации определяют процессы впитывания влаги, ее продвижения с поверхности до уровня грунтовых вод с учетом испарения и водопотребления корнями растений (транспирации).

В целях преодоления и исключения недостатков вышеуказанных методов региональной оценки инфильтрационного питания подземных вод, характеризующего их естественные ресурсы, целесообразно использовать методы моделирования формирования водного баланса на поверхности земли и в зоне аэрации на основе геогидрологических моделей обеспечивающих, по сути, комплексный подход, объединяющий балансовый, гидролого-гидрогеологический и гидродинамический методы. Это во многом позволяет избежать ограничений использования каждого из них в отдельности [3].

Формирование инфильтрационного питания, являющегося основой естественных ресурсов подземных вод – обеспеченного суммарным питанием среднесуточного расхода потока подземных вод зоны интенсивного водообмена, определяется дифференцированным уравнением водного баланса на поверхности суши, отображающим глобальный биогеологический цикл круговорота вещества биосферы (части биосферы В. И. Вернадского) под влиянием энергии Солнца и жизнедеятельности биогеоценозов [4]:

$$P = S + U + E = S + U + N + T = R + E, \quad (1)$$

где P – атмосферные осадки, S – поверхностный речной сток, U – подземный сток (наиболее устойчивая часть общего речного стока $R = S + U$), $E = (N + T)$ – эвапотранспирация (N – испарение с почвы или физическое испарение, T – транспирация растений или биологическое испарение).

Дифференцированное уравнение водного баланса при учете ледникового стока L , стока подземных вод в моря вдоль береговой линии U_1 , конденсации влаги из атмосферы Q (части атмосферной влаги P : $Q = mP$, где $m \ll 1$) и сублимации J , приобретает универсальный вид

$$P = R + E + L + U_1 + Q + J.$$

Уравнение водного баланса позволяет также раскрыть литологическое звено круговорота воды – гидрологических процессов, связанных с геологическим субстратом, прежде всего, почвой. Действительно, из уравнения водного баланса следуют важные гидролого-гидрогеологические и биогеоценозические соотношения [4]:

$$W = P - S = U + E, K_U = U/W, K_E = E/W, K_P = U/P, K_R = U/R,$$

где W – валовое увлажнение почвы, характеризующее количество атмосферных осадков, профильтровавшееся в почву и расходуемое на восполнение естественных ресурсов подземных вод, последующее питание рек подземным стоком, физическое испарение и транспирацию; $K_U = U/W$ – коэффициент питания рек подземными водами (доля инфильтрации, формирующая подземный сток в реки); $K_E = E/W$ – коэффициент испарения (доля инфильтрации или валового увлажнения почвы, затраченная на эвапотранспирацию); (отношение величины подземного стока к величине общего речного стока, т.е. доля подземного стока в общем речном стоке – вычисляется для районов, где подземный сток формируется за счет дренирования водоносных горизонтов реками; $K_P = U/P$ – коэффициент подземного стока (отношение величины подземного стока к величине атмосферных осадков, выпадающих за тот же период [5]).

Коэффициенты K_U и K_E показывают соотношение двух составляющих валового увлажнения почвы: сумма коэффициентов питания (инфильтрации) K_U и испарения K_E согласно приведенным выше соотношениям элементов водного баланса равна единице: $K_U + K_E = 1$.

Валовое увлажнение территории, кроме расхода дождевых и снеговых вод на инфильтрацию почвенным покровом, включает также испарение с водной поверхности – испаряемость и испарение воды, смачивающей растения. Эти два источника расходования осадков существенны в районах с большим распространением озер и лесов. В степной и лесостепной зонах валовое увлажнение территории практически соответствует расходованию воды на увлажнение почвенного покрова.

Количественная оценка инфильтрационного питания и восполнения естественных ре-сурсов подземных вод, основанная на изучении балансовых составляющих питания-разгрузки подземных вод, является методически наиболее корректной. Основные проблемы использования балансового метода, основанного на решении уравнения общего водного баланса поверхности суши, заключаются в адекватности оценки эвапотранспирации, поскольку расчетные зависимости, используемые с этой целью, дают величины ошибок от 12 до 17%, т.е. оказываются соизмеримыми с величиной оцениваемой инфильтрации [2].

Для снижения величин невязок баланса и достижения достоверной оценки восполнения ресурсов подземных вод в речном бассейне обратимся к анализу дифференцированного уравнения водного баланса на поверхности суши в период зимней межени, когда поверхностный сток принимает минимальное значение S_{min} и формируется исключительно за счет подземного стока $U_{меж} = S_{min}$ и эвапотранспирации $E_{меж}$ зимнего меженного периода. С этой целью преобразуем уравнение (1) к виду

$$R = 2S_{min} + E_{меж} = 2U_{меж} + E_{меж} \quad (2)$$

откуда следует

$$S_{min} = U_{меж}.$$

Следовательно, среднемноголетнюю величину эвапотранспирации $E_{см}$ в период зимней межени можно получить на основе среднемноголетних данных $R_{см}$ и $S_{см}$, поддающихся расчетам по среднемноголетним данным гидрологического мониторинга:

$$E_{см} = R_{см} - 2S_{см} = R_{см} - 2U_{см}.$$

При условии

$$U_{см} / R_{см} = 0,5, \text{ т.е. } R_{см} = 2U_{см}, \quad (3)$$

имеем

$$E_{см} = 0, \quad (4)$$

поскольку в период зимней межени физическое испарение (преимущественно путем сублимации) и транспирация принимают минимальные значения [6, 7].

Можно принять в качестве предельного условия (3), что имеет место в действительности [7]

$$E_{см} = 0,$$

и при анализе уравнения водного балана (1) прийти к аналогичному выводу:

$$U_{см} / R_{см} = 0,5, \text{ т.е. } R_{см} = 2U_{см},$$

принятому в качестве исходного условия в первом случае (4).

Итак, доля среднемноголетней величины меженного стока зимнего периода – подземного стока в реку $U_{см}$, в среднемноголетней величине речного стока $R_{см}$ не превышает 50%:

$$U_{см} / R_{см} \leq 0,5.$$

Отметим, однако, случаи

$$U_{см} / R_{см} \geq 0,5,$$

замеченные в бассейнах рек горных территорий Тянь-Шаня и Жонгарьи, а также Памира, Камчатки [1,6], что, вероятно, связано с ледниковым питанием стока этих рек и процессами

конденсации и подтверждается максимальными значениями коэффициента подземного стока $K_{nc} = U_{cm} / P_{cm} \geq 0,5$ [6].

Проанализируем влияние отклонения действительных значений эвапотранспирации периода зимней межени $E_{оз}$ от принятого нулевого ее значения $E_{cm} = 0$ (4):

$$E_{оз} - E_{cm} = \Delta E,$$

на оцениваемую величину подземного стока U_{cm} . Для предельного случая – максимального значения коэффициента подземного питания реки $K_R = U/R \geq 0,5$, это влияние проявляется в уменьшении подземного стока на величину $\Delta U_{cm} = 0,5\Delta E$ (здесь ΔE предсавляет собой эвапотранспирационную компоненту естественных ресурсов подземных вод.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Куделин Б.И. Принципы региональной оценки естественных ресурсов подземных вод. – М.: МГУ, 1960. – 308 с.
 [2] Гринеvский С.О., Новоселова М.В. Закономерности формирования инфильтрационного питания подземных вод // Водные ресурсы. – 2010. – Т. 37, № 6. – С. 1-12.
 [3] Гринеvский С.О., Поздняков С.П. Принципы региональной оценки инфильтрационного питания подземных вод на основе геогидрологических моделей // Водные ресурсы. – 2010. – Т. 37, № 5. – С. 1-15.
 [4] Водный баланс СССР и его преобразование. – М.: Наука, 1969. – 338 с.
 [5] Подземный сток на территории СССР. – М.: МГУ, 1966. – 308 с.
 [6] Порядин В.И. Экосистемные ресурсы подземных вод Казахстана: методология оценки // Изв. НАН РК. Серия геол. и техн. – 2014. – № 5. – С. 47-57.
 [7] Allen R. G, Pereira L. S, Raes D, Smith M. FAO Irrigation and Drainage Paper. – N 56. – Crop Evapotranspiration. 330 p. // P. 210. – Fig. 47.

REFERENCES

- [1] Kudelin B.I. Printsipy regional'noi otsenki estestvennykh resursov podzemnykh vod. M.: MGU, 1960. 308 p.
 [2] Grinevskii S.O., Novoselova M.V. Zakonomernosti formirovaniia infil'tratsionnogo pitaniia podzemnykh vod // Vodnye resursy. 2010. Vol. 37, N 6. P. 1-12.
 [3] Grinevskii S.O., Pozdnyakov S.P. Printsipy regional'noi otsenki infil'tratsionnogo pitaniia podzemnykh vod na osnove geogidrologicheskikh modelei // Vodnye resursy. 2010. Vol. 37, N 5. P. 1-15.
 [4] Vodnyi balans SSSR i ego prebrzovanie. M.: Nauka, 1969. 338 p.
 [5] Podzemnyi stok na territorii SSSR. M.: MGU, 1966. 308 p.
 [6] Poriadin V.I. Ekosistemnye resursy podzemnykh vod Kazakhstana: metodologiia otsenki // Izv. NAN RK. Seriiia geol. i tekhn. 2014. N 5. P. 47-57.
 [7] Allen R. G, Pereira L. S, Raes D, Smith M. FAO Irrigation and Drainage Paper. N 56. Crop Evapotranspiration. 330 p. // P. 210. Fig. 47.

ӨЗЕН АЛАБЫ ЖЕРАСТЫ СУЛАРЫНЫҢ РЕСУРСТАРЫН ТОЛЫҚТЫРУДЫ БАҒАЛАУДЫҢ СУБАЛАНСТЫҚ ӘДІСІ

В. И. Порядин¹, М. Ж. Акынбаева¹, Д. К. Аденова²

¹У. М. Ахмедсафин атындағы Гидрогеология және геология институты, Алматы, Қазақстан,

²Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан

Түйін сөздер: жерасты сулары, жерасты суларының ресурстарын толықтыру, су ресурстары, бағалау, субалансы.

Аннотация. Жерасты сулары, адамзатты ауыз сумен қамтамасыз ететін басты, негізгі ресурсы және жер гидросферасының ажырамас бөлігі болып табылады. Табиғаттағы жаһандық су айналымының ажырамас бөлігі ретінде жерасты ағынның қалыптасуы, жауын шашынның жерасты су деңгейіне дейінгі ену процесі – инфильтрация, табиғи жерасты ресурстарын толықтырудағы негізгі тетігі болып табылады.

Табиғи жерасты сулар ресурстары және инфильтрациялық көректенуін бағалау әдістерін қамтиды: субаланстық – субалансының дифференциалдық теңдеуінің шешімі, гидролого-гидрогеологиялық – өзеннің гидрографиясының генетикалық бөлінуі, гидрогеодинамикалық – геофильтрацияның кері міндеттерінің шешімі, гидрогеологиялық модельдеу.

Субаланстық әдісі өзен алабы жерасты суларының бағалау әдістерінің, ең дұрыс, қарапайым, сенімді, қол жетімді және жедел әдістердің бірі болып табылады.

Поступила 21.06.2016 г.

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

<http://www.bulletin-science.kz/index.php/ru/>

Редакторы *М. С. Ахметова, Д. С. Аленов*
Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 07.07.2016.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
17,4 п.л. Тираж 2000. Заказ 4.