

УДК 551.497:622.1+581.526.53

**О ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОМ ФАКТОРЕ ОБВОДНЕННОСТИ  
ПУСТЫННЫХ ПАСТБИЩ ПРИБАЛХАШЬЯ В УСЛОВИЯХ  
ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ**

Доктор геогр. наук Б.С. Степанов

Канд. геогр. наук Л.В. Лебедь

*Недостаточная обводненность пастбищных территорий является сдерживающим фактором развития животноводства в Казахстане. Проблемы обводнения пастбищных земель социально-экономического характера усугубляются неопределенностями, связанными с возможностью изменения поверхностного и подземного стока под влиянием глобального потепления. Степень влияния изменения климата на ресурсы и режим поверхностных и подземных вод может сказаться на эффективности и стратегии хозяйственного использования пастбищных земель в перспективе.*

Потенциальные возможности животноводства в пустынных районах Прибалхашья определяются водообеспечением пастбищ, влагообеспеченностью естественной растительности и другими природными и хозяйственными факторами. В условиях ограниченных атмосферных осадков и поверхностного стока, основным источником водообеспечения скота, выпасаемого на пустынных пастбищах, являются подземные воды. Видовой состав и продуктивность пастбищных растений определяются в основном степенью увлажнения почвы за счет атмосферных осадков и грунтовых вод. Засуху легче всего переносят фреатофиты – растения с мощной корневой системой, проникающей в зону капиллярного поднятия и ниже грунтовых вод. Вместе с тем, наибольшей продуктивностью обладают растения, использующие влагу, как атмосферных осадков, так и грунтовых вод [3, 4].

Подземные воды, залегающие на глубине от нескольких метров до 4000 м, аккумулируют около 98 % объема пресной воды на земном шаре и намного превосходят общее количество воды, содержащейся в озерах, поверхностных водотоках и искусственных водохранилищах. Однако использование подземных вод ограничено сложностями их поиска, высокой стоимостью водоотбора из глубоких горизонтов, а также сравнительно медленным движением, обусловленным низкой водопроницаемостью гор-

ных пород. Согласно классификации У.М. Ахмедсафина [1, 2], ресурсы подземных вод подразделяются на:

- региональные вековые, формирующиеся в результате накопления и разгрузки подземных вод в больших емкостях в течение многих сотен и тысяч лет;
- региональные многолетние, формирующиеся в течение десятков лет;
- ежегодно возобновляемые, образующиеся ежегодно за счет инфильтрации атмосферных осадков и поверхностных вод;
- региональные эксплуатационные, остающиеся после 50 % сработки вековых и многолетних ресурсов с учетом ежегодно возобновляемых.

Существует две основные гипотезы формирования подземных вод на предгорных шлейфах Тянь-Шаня и Чу-Илийских гор. В соответствии с первой гипотезой, главным источником формирования подземных вод является фильтрация поверхностного стока на площадях конусов выноса и на относительно узких полосках предгорной равнины в междуречьях. Подземный приток со стороны горного массива, ввиду его незначительности, можно не принимать во внимание. По второй гипотезе основным источником питания подземных вод является их приток со стороны горного массива, а упомянутые выше площади рассматриваются как дополнительная область питания.

Главная роль в формировании ресурсов подземных вод Южного Прибалхашья принадлежит поверхностным водам, представленным рекой Или и ее притоками. По особенностям режима питания грунтовых вод в Или-Балхашском бассейне выделены следующие таксоны для гидрогеологического районирования:

- тип кратковременного, преимущественно летнего, питания (мерзлотный) грунтовых вод. Состояние грунтовых вод изменяется в течение года от жидкого до твердого. Зона распространения – высокогорная зона (выше 3300 м).
- тип сезонного преимущественно весеннего и осеннего питания. Провинция сезонного питания грунтовых вод – территория бассейна ниже 3300 м. Продолжительность периода промерзания зоны аэрации от 1,5...4,0 до 6...9 месяцев.

В пределах таксонов выделяются следующие виды режима колебания уровня грунтовых вод:

- междуречной, связан только с атмосферными осадками;
- склоновый;

- террасовый;
- эоловых равнин, где приходная часть баланса складывается из очаговой инфильтрации атмосферных осадков и подземного притока;
- приречный, характеризующийся гидравлической связью потока грунтовых вод с рекой и зависимостью колебаний уровня грунтовых вод от уровня воды в реке;
- на конусах выноса с весенне-летним максимум и осенним минимум. Режим обусловлен поглощением поверхностного стока горных рек, имеющих ледниковое питание.

Наибольший вклад в ресурсы подземных вод региона вносят воды, образующиеся за счет атмосферных осадков, а также в результате таяния ледников. В годовом стоке рек вклад ледников хребта Илейский Алатау составляет 58 % в районе истока. В том числе: от таяния льда – 28 %; таяния фирновых полей – 7 %; от осадков, выпадающих на ледниках ниже фирновой линии, – 23 %. В истоках рек, не занятая ледниками территория обеспечивает 42 % стока, увеличиваясь до 86 % у выхода из гор. Структура стока ледниково-снеговых рек хребта в отдельные годы резко отклоняется от средней многолетней. В годы с малым количеством осадков доля воды от таяния льда в подземном стоке увеличивается, особенно тогда, когда имеют место высокие летние температуры воздуха и обилие ясных дней [9].

В песках Жуанкум, Сары-Таукум, Сары-Есик-Отырау на равнинах Южного Прибалхашья выявлены мощные потоки грунтовых вод шириной до нескольких десятков километров, движущиеся по обе стороны р. Или в сторону озера Балхаш. Важную роль в формировании грунтовых вод играет и инфильтрация зимне-весенних осадков. Ежегодно возобновляемые ресурсы грунтовых вод песков Южного Прибалхашья составляют до 1,6 км<sup>3</sup> в год.

В долине р. Или, от выхода ее из гор до сухого русла р. Баканас, водоносный горизонт имеет мощность до 30 м, с уменьшением на территории современной и древней дельты от 20 до 1...5 м. В дельтах рек Каратал, Аксу и Лепсы грунтовые воды часто располагаются близко к дневной поверхности (на глубине до 1 м).

В бассейне р. Или присутствуют все виды формирования стока, включая талые, снеговые, дождевые, ледниковые и подземные воды, в зависимости от местоположения составляющих гидрографической сети. Основной объем стока, как правило, приходится на долю половодья и павод-

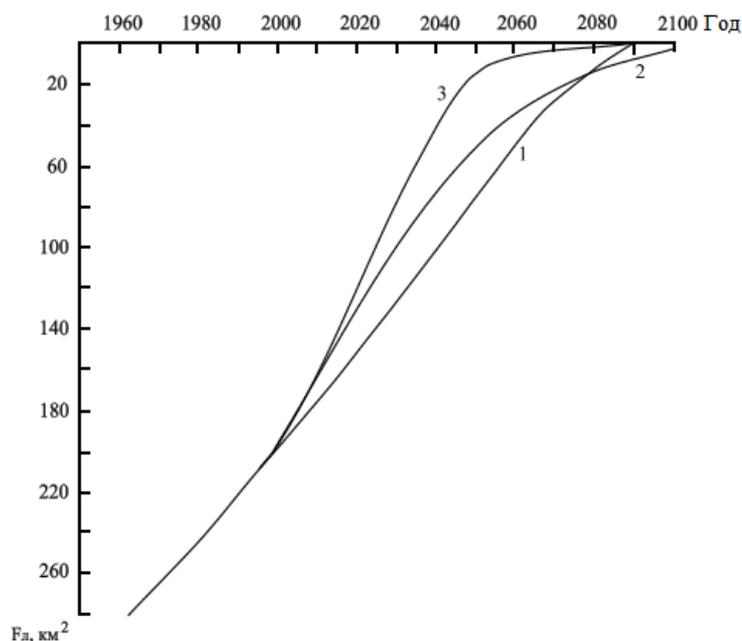
ков, начало, и окончание которых зависит главным образом от высотного положения водосборов притоков, характера расположения снежного покрова в бассейне, наличия ледников и снежников, гидрогеологических условий бассейна и т.д. С 1970 г. режим грунтовых вод бассейна озера Балхаш, в том числе р. Или, в целом подчинен режиму поверхностных вод и попускам, организуемым на Капчагайской ГЭС. Известно, что в положении зеркала грунтовых вод современной дельты наблюдается ярко выраженная зависимость от положения поверхности водоемов и водотоков в период попусков. Выше Капчагайской ГЭС отмеченная закономерность прослеживается как в период паводков, так и в межень. Это свидетельствует о том, что поверхностные воды и водоемы постоянно теряют часть своих вод на фильтрацию и, следовательно, служат постоянным источником пополнения запасов грунтовых вод.

Также выявлено, что устойчивость водного баланса озера Балхаш зависит от количества воды, поступающей с территории Китая. В 2000 году сток воды с китайской части бассейна составил 15,09 км<sup>3</sup> или 77 % от общего стока. Изъятие воды и потери стока на территории Китая равны 4,42 км<sup>3</sup>/год. Дополнительный водозабор из р. Или объемом 10...15 % может привести, по мнению специалистов, к нарушению режима подземных вод на пастбищных землях и ухудшению условий их водообеспеченности.

Среднегорные и низкогорные районы Южного Прибалхашья представлены горами Кендыктас и Чу-Илийскими горами, характеризующимися большим разнообразием гидрогеологических условий. В горах Кендыктас большое распространение получили трещинные воды зоны выветривания и тектонических разломов, их источниками являются атмосферные осадки, не исключен и приток подземных вод по зонам дизъюнктивных нарушений со стороны Заилийского Алатау. Чу-Илийские горы представлены возвышенным мелкосопочником и типичным низкогорьем. Выходы трещинных вод зоны выветривания и зон тектонических нарушений, подпитывающихся весной во время снеготаяния, приурочены, в основном, к подножиям сопок. На предгорных равнинах, примыкающих к северо-восточному склону Чу-Илийских гор, условия увлажнения относительно благоприятны для произрастания пастбищной растительности в основном за счет атмосферных осадков. Грунтовые воды здесь формируются в четвертичных делювиально-пролювиальных отложениях в результате фильтрации атмосферных осадков, вод временных поверхностных водотоков и подтока трещинных вод.

Характеристики атмосферных осадков и ледникового стока, а следовательно, ресурсы и режим подземных вод, определяются климатическими условиями. Результаты исследований изменения регионального климата последних десятилетий свидетельствуют, что за 110 лет температура воздуха на территории Казахстана возросла на 1,5 °С, что в 2,5 раза превышает величину глобального потепления.

Потепление климата во второй половине 20 – начале 21 века привело к интенсивному таянию ледников. В результате площадь оледенения горных хребтов на юге и юго-востоке Казахстана за последние 50 лет сократилась примерно на 35...37 %, а объем ледников на 41...43 %. В соответствии с прогнозом Е.Н. Вилесова [5], ледники бассейна р. Шамалган должны уже растаять к 2010 году, а ледники Талгарского бассейна, как наиболее крупного узла оледенения в Илийском Алатау, только к 2090 г. (рис.). Крупным недостатком существующих прогнозов изменения оледенения в Казахстане является то обстоятельство, что при прогнозе деградации оледенений и оценке водных ресурсов бассейнов рек исследователи, как правило, оперируют суммарными значениями площади ледников. Если в публикациях и фигурируют данные об объемах ледников и запасах льда в горных системах, то подавляющее большинство существующих оценок сокращения горного оледенения основано на результатах измерения площади ледников и вычисления их объемов по формулам связи морфометрических характеристик ледников в условиях стационарного режима оледенения. На последнее обстоятельство обращается внимание в работах Ю.К. Нарожного, С.А. Никитина и др. К примеру, за период 1952...1998 гг. в горном Алтае (в пределах территории России) объем современного оледенения сократился на 10,1 %. При этом особенно важно, что потеря объемов льда на 83 % была обусловлена утончением ледников и лишь на 17 % – сокращением их площади [7]. Как показывают расчеты, в результате полной деградации горного оледенения Тянь-Шаня и Жетысусского Алатау сток в бассейне р. Или может уменьшиться на 2,3 км<sup>3</sup> или на 12 % в год, а всего в бассейне оз. Балхаш – на 2,5 км<sup>3</sup> или 10...12 % в год [6]. Таким образом, дегляциация горных систем Тянь-Шаня и Жетысусского Алатау приведет к уменьшению водных ресурсов региона на 10...12 % даже при сохранении величины отбора воды на территории Китая, что практически маловероятно.



*Рис. Динамика сокращения площади оледенения северного склона Илийского Алатау. 1 – скорректированная кривая Е.Н. Вилесова; графики КазНИИЭК: 2 – при потеплении на 2 °С; 3 – при потеплении на 4 °С.*

В соответствии со сценариями климата, рекомендованными Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК), глобальная средняя приземная температура воздуха может увеличиться в период с 1990 по 2100 г. на 1,4...5,8 °С. Наиболее заметное потепление ожидается в северных и центральных районах Азии. К 2050 году здесь можно ожидать повышения температуры на 2,8 °С, с максимальным приростом в летний период. При таком сценарии изменения температуры воздуха неизбежны:

- полная дегляциация северного склона Илийского Алатау и других горных систем Казахстана, несущих оледенение в условиях современного климата;
- многократное увеличение селевой активности;
- резкое возрастание эрозионных процессов и, как следствие, увеличение твердого стока;
- дальнейшее опустынивание на равнинах Южного Казахстана.

Северное Прибалхашье представлено преимущественно мелкопочником, обрамляющим озеро Балхаш с севера и запада. Скудость атмосферных осадков (100...150 мм), незначительная речная сеть, короткий пе-

риод стока (20...30 весенних дней), ступенчатый рельеф, разнообразие состава и возраста горных пород, слагающих район, предопределили сложный процесс. Наиболее распространены здесь трещинные воды, второстепенное – трещинно-карстовые и поровые воды, Подпитка трещинных вод происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков, а также подземным путем по системе сообщающихся трещин в зоне региональных разломов. Трещинные воды залегают преимущественно на глубинах до 15 м, на участках с более высоко залегающей поверхностью их глубина увеличивается до 20...30 м. Разгрузка трещинных вод осуществляется в сорочных и межсорочных понижениях с помощью родников, а также испарения и транспирации. Ее годовой объем составляет 10...15 % от полного значения, пополнение запасов происходит, в основном, за счет подземного стока. Модуль подземного стока изменяется от 0,2 в Восточном Прибалхашье, до 0,05 л·с<sup>-1</sup>·км<sup>-2</sup> в Западном Прибалхашье [10]. Увеличение температуры воздуха на 2...3 °С в ходе глобального потепления не приведет к существенному изменению подпитки трещинных вод за счет атмосферных осадков, так как из-за малого относительного содержания пылевато-глинистых фракций в поверхностном слое грунтов влага быстро проникает в глубинные толщи, где испарение становится незначительным. Поровые воды Северного Прибалхашья приурочены к песчано-гравийным аллювиально-пролювиальным отложениям рек Моинты, Джамши, Токрау и Кусак, в которых формируются мощные грунтовые потоки. При мощности водоносных горизонтов от 2 до 50 м, глубина залегания грунтовых вод, как правило, не превышает 5 м. Подпитка поровых вод описываемого региона осуществляется за счет подтока трещинных и трещинно-карстовых вод, атмосферных осадков и паводкового стока рек. Растительный покров играет существенную роль в формировании подземных вод (в том числе их химического состава) Северного Прибалхашья, главным образом через транспирационный процесс. [8]. Инфильтрационное питание подземных вод в засушливых областях, по мнению В.Н. Островского, зависит от степени аридности, внутригодового распределения осадков и сезонности развития растительности. По подсчетам С.М. Шапиро [10], транспирационные расходы растительностью в долине р. Токрау достигают 150...170-миллиметрового слоя воды за вегетацию, а суммарные расходы грунтовых вод долин рек Моинты, Жамши, Токрау и Аягус-Баканас на испарение и транспирацию составляют 283,4 млн. м<sup>3</sup>.

Таким образом, главная роль в формировании ресурсов подземных вод в Южном Прибалхашье принадлежит поверхностным водам. Изменение вод-

ности рек, вследствие таяния ледников и сезонного перераспределения осадков может оказать заметное влияние на формирование ресурсов подземных вод региона. Следовательно, это скажется и на условиях водообеспеченности пастбищных земель, а также на влагообеспеченности естественной растительности. Дегляциация северных хребтов Тянь-Шаня, компенсируемая таянием каменных глетчеров, незначительно отразится на стоке горных рек и формировании запасов подземных вод Южного Прибалхашья. Более заметное влияние на глубину залегания грунтовых вод, может оказать увеличение отъема воды из р. Или на территории Китая. Это негативно отразится на дебите колодцев и скважин, а также на условиях произрастания лугово-тугайной растительности и саксауловых лесов на такыровидной равнине Баканас.

Потепление климата активизирует испарение с поверхности океанов и, как следствие, увеличению влажности воздушных масс и количества атмосферных осадков. Вместе с тем, годовое количество осадков на территории Казахстана по 3 из 6 сценариев будущего климата может уменьшиться к середине 21 века на 2...4 %, а по трем – увеличиться на 4...20 %.

По мнению казахстанских климатологов, такое незначительное увеличение осадков в первой половине 21 века вряд ли компенсирует эффект от повышения температуры воздуха, вместе с тем существенно не ухудшит условия увлажнения территории. Следовательно, режим грунтовых вод в Северном Прибалхашье и на равнине, примыкающей к северо-восточному склону Чу-Илийских гор практически изменится мало.

Статья подготовлена по результатам исследований по проекту ISTC К-1396 р.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахмедсафин У.М. Подземные воды песчаных массивов южной части Казахстана. – Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1951. – 267 с.
2. Ахмедсафин У.М. Формирование грунтовых и артезианских вод Казахстана // Труды Ин-та геол. наук АН КазССР, 1965. – Т. 14. – С. 3–23.
3. Байтулин И.О. Корневая система растений аридной зоны Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1979. – 184 с.
4. Благовещенский Э.Н. Водное питание растений в пустынных условиях. – Докл. АН ТаджССР, 1957. – Вып. 21. – С. 26–33.
5. Вилесов Е.Н. Эволюция внутриконтинентальной ледниковой системы в XX веке (на примере северного склона Заилийского Алатау): Автореф. дис. ... доктора геогр. наук. – Алматы, 1997. – 47 с.

6. Голубцов В.В. Изменение водных ресурсов и режима рек в результате деградации горного оледенения в их бассейнах // Гидрометеорология и экология. – №1. – 2008. – С. 47–62.
7. Нарожный Ю.К. Эволюция оледенения Алтая в 20 веке // Проблемы гляциогидроклиматологии Сибири и сопредельных территорий. – Томск: Изд-во Томского университета, 2002. – С. 34–35.
8. Островский В.Н. Подземные воды пустынь и экосистемы. – М.: Недра, 1991. – 190 с.
9. Пальгов Н.Н. Современное оледенение в Заилийском Алатау. – Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1958. – 313 с.
10. Шапиро С.М. Подземные воды юго-востока Центрального Казахстана. – Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1974. – 184 с.

РГП «Казгидромет», г. Алматы

КазНИИЭК, г. Алматы

### **ҒАЛАМДЫҚ ЖЫЛЫНУ ЖАҒДАЙЫНДАҒЫ БАЛХАШ АЙМАҒЫ ШӨЛДІ ЖАЙЫЛЫМДАРДЫҢ СУЛАНУЫНЫҢ ГИДРОГЕОЛОГИЯЛЫҚ ФАКТОРЫ ЖӨНІНДЕ**

Геогр. ғылымд. докторы Б.С. Степанов

Геогр. ғылымд. канд. Л.В. Лебедь

*Қазақстандағы мал шаруашылығы дамуының төзімді факторы болып жайылым аумақтарының жеткіліксіз сулануы болып табылады. Әлеуметтік-экономикалық тұрғыдан жайылым жерлердің сулану проблемасы, ғаламдық жылыну әсерінен жер беті және жер асты ағындардың өзгеру мүмкіншілігімен белгісіздікті арттырады. Ресурстар және жер беті мен жер асты суларына климаттың өзгеру дәрежесі, болашақтағы жайылым жерлерді шаруашылықта қолданудың тиімділігі мен стратегиясына әсерін тигізеді.*