

6. State (national) report on the condition and use of lands in the Republic of Bashkortostan in 2018 (in Russian), Ufa, 2019, 247 p.
7. Gurevskikh, O. Y. Landscape mapping as the basis for planning regional systems of SPNA (on the example of Svedlovsk region). Conf. Nature reserve-2019: biological and landscape diversity, protection and management, 2019, pp. 155–159.
8. Diakonov, K. N. Integrating functions of the landscape study. Moscow State University, Bulletin. 5, Geography, 2007, pp. 3–6.
9. Shishov, L. L., Tonkonogov, V. D., Lebedeva, I. I., Gerasimova, M. I., Classification and diagnostics of the Russian soils (in Russian). Smolensk, 2004, 341 p.
10. Landscape map of Bashkortostan Republic. Ecological and educational Internet portal "Travel in Bashkiria", URL: <https://pobashkirii.ru/wp-content/uploads/maps/landshaftnaja-karta-respubliki-bashkortostan-small.jpg>.
11. Panchenko, E. M., Dyukarev, A. G. Ecological network as environmental system of the region. Vestnik Tomskogo Gosudarstvennogo Universiteta [Bulletin of Tomsk State University], 2010, no. 340, pp 216–221
12. Reimers, N. F., Shtilmark, F. R. Specially protected natural areas. Mysl, Moscow (in Russian), 295 p.
13. Khabibulin, V. F. Materials on the fauna of arthropods around the village of Alkino (Chishminskiy district of Bashkortostan Republic). Materials on flora and fauna of Bashkortostan Republic, 2019, pp. 113–121.
14. Khabibulin, V. F. Insect diversity as a component of the justification for the conservation status of the Aksakovskiy Alkino nature monument. Bulletin of the Moscow Society of Nature Testers. Biological Department, 2018, pp. 31–36.
15. Chemykh, D. V. Landscape mapping in strict nature reserves. Proceedings of the Tigirek State Nature Reserve, 7, pp. 176–178.
16. Ecosystem services & biodiversity (ESB). Food and Agriculture Organization of the United Nations, URL: <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/en/>.

ГИДРОЛОГО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ УВЛАЖНЕНИЯ РЕГИОНОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ЗАТОПЛЕНИЯ И ПОДТОПЛЕНИЯ

Ряполова Наталья Леонидовна, доцент, кандидат географических наук, Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина, 644008, г. Омск, Институтская площадь, 1, nl.guapolova@omgau.org

Тусупбеков Жанболат Ашикович, доцент, кандидат географических наук, Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина, 644008, г. Омск, Институтская площадь, 1, gggkiovr@mail.ru

Антропогенное воздействие на окружающую территорию в совокупности с изменением климата, все чаще проявляющаяся в последние годы, является источником возникновения негативных явлений, связанных с водными ресурсами. Начало возникновения проблем, связанных с затоплением и подтоплением территории Омской области, совпало с началом ее активного хозяйственного освоения и усиливается с каждым годом. Особенно катастрофическая ситуация наблюдается в последние годы, отчасти это связано с повышением температуры воздуха и усилением антропогенного воздействия на водосборную площадь путем строительства линейных и локальных сооружений. Использование метода гидролого-климатических расчетов, в условиях отсутствия измеренных стоковых данных поверхности водосбора, путем совместного решения элементов теплоэнергетических и водных ресурсов, дает возможность определения расчетных элементов водного баланса с учетом локальных условий каждого участка. Научная ценность работы состоит в использовании методики эффективного управления водными ресурсами с учетом климатических изменений, определении условий подтопления и затопления на фоне усиленного антропогенного воздействия на водосборную поверхность, оценки степени уязвимости территории при возникновении и развитии негативных водных процессов, разработке методов по предупреждению водных проблем и определении эффективных способов инженерной защиты.

Ключевые слова: ресурсы увлажнения, теплообеспеченность, водообеспеченность, коэффициент увлажнения, затопление, подтопление, плоско-западинный рельеф, техногенные факторы подтопления, защита территории, гидролого-климатические расчеты

HYDROLOGICAL AND CLIMATIC REGIONAL HUMIDIFICATION RESOURCES FOR PROTECTION AGAINST FLOODING AND HEATING

Ryapolova Natalia L., Candidate of Geographical Sciences, Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, 1 Institutskaya square, Omsk, 644008, Russian Federation, nl.ryapolova@omgau.org

Tusupbekov Zhanbolat A., associate professor, Candidate of Geographical Sciences, Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin, 1 Institutskaya square, Omsk, 644008, Russian Federation, gggkiobr@mail.ru

Abstract: The anthropogenic impact on the surrounding area, together with climate change, which has increasingly manifested itself in recent years, is a source of negative phenomena associated with water resources. The beginning of the emergence of problems associated with flooding and flooding of the territory of the Omsk region, coincided with the beginning of its active economic development and is increasing every year. A particularly catastrophic situation has been observed in recent years, partly due to an increase in air temperature and an increase in anthropogenic impact on the catchment area through the construction of linear and local structures. The use of the method of hydrological and climatic calculations, in the absence of measured runoff data of the catchment surface, by jointly solving the elements of heat and power and water resources, makes it possible to determine the calculated elements of the water balance, taking into account the local conditions of each site. The scientific value of the work lies in the use of the methodology for effective management of water resources taking into account climatic changes, determining the conditions of flooding and flooding against the background of increased anthropogenic impact on the catchment surface, assessing the degree of vulnerability of the territory in the event of the emergence and development of negative water processes, developing methods to prevent water problems and determine effective methods of engineering protection.

Keywords: moisture resources, heat supply, water supply, moisture coefficient, flooding, flooding, flat-depression relief, technogenic factors of flooding, territory protection, hydrological and climatic calculations

Все возрастающая роль воздействия человека на окружающую среду создает определенные трудности в гармоничном развитии общества в целом с природой. Прецедент подобным проблемам был положен тогда, когда человек, для удовлетворения жизненно необходимых потребностей, начал «эксплуатировать» природу без учета той нагрузки, которую природа может выдержать. Потеряв гармонию совместного развития, человечество пожинает плоды, порой безграмотного обращения со средой обитания, проявляемые в виде различных негативных последствий.

В числе множества проблем, угрожающих человеку, наиболее актуальную значимость приобретают проблемы, связанные с негативными последствиями вод. В условиях равнинной территории естественные природные процессы, связанные с увеличением частоты появления многоводных лет, накладываются на последствия антропогенной деятельности осуществляемые на водосборной поверхности, тем самым усиливая опасность их переувлажнения.

Для анализа совместного влияния природных и техногенных факторов на изменчивость приходно-расходных элементов водного баланса необходимо иметь мощный механизм по определению условий формирования и распределения стока с обязательным учетом локальных особенностей и антропогенной деятельности в пределах исследуемой территории [8]. В связи с этим, важной целью научных исследований является нахождение оптимальных путей управления водными ресурсами с учетом динамики взаимодействия природно-климатических и антропогенных процессов и влияния их на окружающую среду.

В условиях плоско-западного рельефа Западно-Сибирской низменности проблемы связанные с переувлажнением населенных пунктов и земель сельскохозяйственного назначения приобретают первостепенное значение для многих районов Омской области и усиливаются с каждым годом. При этом

необходимо иметь в виду, что проблема затопления и подтопления населенных пунктов, сельскохозяйственных угодий, транспортных путей и пр. связана не только с большой динамичностью естественных процессов увлажнения, но и с изменением условий формирования стока с водосборного бассейна. В то же время деятельность человека на водосборе связана с системой (постоянных) планомерных эксплуатационно-строительных мероприятий на уровне исполнения жизнеобеспечивающих функций. В подобных условиях решение возникших проблем возможно путем научно-обоснованного анализа совместного воздействия природно-климатических и антропогенных факторов на изменение приходной составляющей водного баланса с учетом локальных условий каждого отдельно взятого ландшафтного комплекса.

Омская область расположена в пределах Западно-Сибирской равнины слегка наклонённой к северу и долине Иртыша, имеющей характерное чередование плавных повышений и понижений в пределах 100–120 метров над уровнем моря [4]. Южная часть территории, наибольшей отметкой 140 м, представлена слаборасчлененным рельефом с множеством микропонижений и не имеет постоянных водотоков.

Территория области полностью располагается в пределах бассейна р. Иртыш, протекающей с юга на север, разделяя на правобережные и левобережные части.

Левобережная часть характеризуется наличием Ишимской равнины представленной множеством небольших понижений, занятых мелкими озерами и болотными массивами. Особенностью этой части является наличие Камышловского лога, который пересекает территорию с запада на восток. Лог представляет древнюю долину р. Камышловка, занятый в настоящее время цепью озер, расположенных по бывшему руслу и имеющий сток только в устьевой части. Река Камышловка впадает в Иртыш с правого берега. Несмотря на хорошо развитую русловую часть, лог не особо участвует в дренировании подтопленных территорий, расположенных в непосредственной близости.

При движении на север от Ишимской равнины отмечается постепенное понижение рельефа. Вместе с этим, снижение теплоэнергетических ресурсов в этом направлении влияет на увеличение условий переувлажнения к северу региона.

Рельеф правобережья Иртыша в пределах Омской области определяется наличием Барабинской низменности, которая пересечена долиной р. Оми, характеризуется как плоскозападинный. Северная часть Барабинской низменности представлена заболоченными участками, а южная – понижениями занятыми, в большинстве своем, озерами и солончаками.

Таким образом, относительно плоская поверхность исследуемой территории с преобладанием естественных понижений, плоских западин, древних ложбин и озерно-болотных котловин создает опасность развития переувлажнения при изменении условий естественной дренированности поверхности водосборного бассейна. В подобных условиях строительство объектов народного хозяйства или различных коммуникаций, необходимых для жизнеобеспечения населения, без учета географических особенностей территории, в конце концов, приводит к негативным последствиям, что наблюдается в настоящее время во многих районах Омской области.

Дело в том, что южная часть Омской области, расположенной в зоне недостаточного увлажнения, начиная с 60-х годов, была снабжена многочисленными, в том числе уникальными водообеспечивающими сооружениями (групповые водопроводы), которые в результате нарушения существовавшей системы природного баланса водных ресурсов стали генераторами развития негативных последствий. Дальнейшее освоение новых территорий сопровождалось преобразованием рельефа, созданием линейных и локальных сооружений на пути естественного движения поверхностных и грунтовых вод, изменением уровня воды в искусственных водоемах, утечки из трубопроводов и каналов. К сожалению, большинство мероприятий проводилось без

учета дренирующей способности поверхности бассейна и гидрогеологических особенностей грунтов, что привело к усилению переувлажнения территории.

В современных условиях проблема затопления и подтопления территории Омской области приобрела острый характер, особенно в годы с высокой влажностью и требует незамедлительного решения вопроса путем проектирования оптимальных мероприятий с учетом возможных причин, влияющих на переувлажнение.

Состав мероприятий по борьбе с негативными водными явлениями определяется в зависимости от сложившегося сочетания причин и факторов подтопления и затопления отдельных поселков и территорий, поэтому для радикального решения проблемы, выделения очередности реализации и уровня финансирования их, нужно иметь объективную научно-обоснованную информацию о природно-климатических особенностях в современный период, достоверную (репрезентативную) информацию о водно-балансовых характеристиках и методик их определения (инструмента) с учетом климатических и оротографических особенностей природного ландшафтного комплекса.

Применение гидролого-климатической теории (модели) формирования ресурсов увлажнения и теплообеспеченности при определении приходно-расходных характеристик водного баланса водосборного бассейна с учетом антропогенного влияния на условия стокообразования на основе современных гидрометеорологических данных составляет научную новизну настоящего исследования. Метод гидролого-климатических расчетов (ГКР) профессора В. С. Мезенцева [6], широко апробирован при расчетах стоковых характеристик речных бассейнов Западной Сибири [5]. Использование в качестве основы метода ГКР позволяет достичь решения поставленных задач по выявлению величин избыточного увлажнения и определения эффективных мероприятий при инженерной защите территории от водных проблем.

Оценка приходно-расходных элементов влаго- и теплооборота участка поверхности суши в условиях недостаточной гидрометрической изученности выполнена на основе гидрометеорологических данных о ресурсах увлажнения и теплообеспеченности. Расчеты элементов гидролого-климатических характеристик территории выполнены с помощью совместного решения уравнений теплового и водного балансов [1], с учетом зональных (и азональных) особенностей формирования поверхностного стока.

Относительные характеристики элементов водного баланса участка суши рассматривались в виде общего увлажнения (δn), общего испарения (δz), валового увлажнения (δf) и коэффициента увлажнения (K_n) территории [7].

Система замкнутых уравнений связи водного и теплоэнергетического баланса для любого расчетного периода учитывает параметр, отражающий соотношение максимально возможного испарения и водного эквивалента испарения, а также параметры, характеризующие особенности формирования суммарного и подземного стоков изучаемой поверхности территории. Влияние характера земной поверхности, формирующее локальные (специфические) условия преобразования влаги в сток в некоторых случаях является очень существенным, поэтому метод гидролого-климатических расчетов учитывает такие локальные особенности включением в водно-балансовые расчеты значений параметров n и m [2].

В качестве исходных данных использованы измеренные величины гидрометеорологических и гидрометрических станций (и постов), расположенных в пределах Омской области – характеристики теплоэнергетических ресурсов климата и испарения, годовые суммы атмосферных осадков, данные о запасах влаги в снеге, а также годовой сток имеющихся на территории изученных рек с гидрографическими характеристиками их бассейнов.

Сопоставление естественных природных условий увлажнения земной поверхности с оптимальными выполнялись путем определения расчетных значений коэффициента увлажнения K_n . Коэффициент увлажнения представляет собой отношение величины атмосферных осадков к значению максимально-возможного испарения. При удовлетворении условия $K_n > 1$ можно судить об избыточном увлажнении поверхности, оптимальные условия увлажнения соответствуют величине $K_n = 1$, территориям с недостаточным увлажнением соответствуют $K_n < 1$. Зональное распределение величин коэффициента увлажнения на территории Омского региона в средний год определяются особенностями распределения ресурсов теплообеспеченности и увлажнения. В качестве характерной особенности можно выделить, что максимально возможное испарение убывает с юга на север, в то время как ресурсы увлажнения, наоборот, увеличиваются.

Система уравнений связи совместно с уравнением водного и теплоэнергетического балансов позволили, при наличии значений суммарного увлажнения и теплоэнергетических ресурсов климата, рассчитать фактически все компоненты балансовых уравнений, как за годовой, так и за внутригодовой периоды. Основные данные по временному и территориальному распределению водно-балансовых характеристик в границах Омской области представлены в таблице.

Таблица

Ресурсы влаги (KX , мм), водные эквиваленты теплоэнергетических ресурсов климата и суммарного испарения (Z_k , Z_m , мм), соотношение ресурсов влаги и тепла (δn), и коэффициент увлажнения (K_n) в средний год

Пункт (метеостанция)	KX	Z_k	Z_m	δn	K_n
Усть-Ишим	554	1208	690	0,459	0,803
Тевриз	547	1217	696	0,450	0,786
Васисс	541	1176	667	0,460	0,811
Седельниково	499	1216	696	0,410	0,717
Большие Уки	514	1214	694	0,423	0,740
Тара, аэропорт	560	1207	689	0,464	0,813
Н.-Колосовское	466	1221	699	0,382	0,666
Евгачино	449	1237	711	0,363	0,632
Муромцево	453	1226	703	0,370	0,645
Большеречье	447	1249	719	0,358	0,621
Тюкалинск I	410	1257	726	0,326	0,565
Саргатское	452	1271	736	0,356	0,615
Называется	419	1244	716	0,337	0,585
Ново-Любино	407	1259	727	0,323	0,560
Калачинск	432	1270	734	0,340	0,588
Омск, Степная	430	1276	739	0,337	0,582
Исиль-Куль	456	1282	743	0,356	0,613
Иртыш	377	1329	777	0,284	0,485
Полтавка	372	1304	759	0,285	0,490
Одесское	404	1289	748	0,313	0,540
Павлоградка	413	1308	762	0,316	0,542
Черлак	398	1318	769	0,302	0,517
Русская Поляна	392	1328	776	0,295	0,505

Результаты расчетов свидетельствуют о широтном характере изменений теплоэнергетических и водных ресурсов по территории Омской области. При естественном уменьшении водного эквивалента тепловых ресурсов климата Z_k с юга (1328 мм/год) на север (1208 мм/год) наблюдается увеличение ресурсов влаги

КХ в данном направлении (соответственно – 392 мм и 554 мм). Следовательно, это приводит к увеличению коэффициента увлажнения K_n . В то же время относительно небольшие значения K_n на юге области (в пределах $K_n = 0,5-0,6$) не гарантируют защищенность территории от процессов затопления и подтопления. Известно, что в настоящее время проблемы подтопления охватывают и южные районы Омской области (Павлоградский и Русско-Полянский районы). Несомненно, помимо изучения естественных причин увлажнения территории, которые приводят к возникновению процессов затопления и подтопления рассматриваемой территории, необходимо также получение дополнительной информации по выявлению других причин, вызывающих негативные последствия вод.

Данная информация может быть получена на основе проведения обследований или инвентаризационных работ.

Следует иметь в виду многофакторность проблемы по предупреждению ущербов от наводнений и другого негативного воздействия природных вод, а поэтому большой круг вопросов для ее решения. При этом нужно исходить из следующих принципиальных предпосылок: изучение естественной увлажненности (количество осадков) территории в разрезе многолетних природных колебаний, а также выявление антропогенного влияния [3] на водные проблемы в области, в результате нарушения системы эксплуатации водохозяйственных и других сооружений (например, дорог) и их своевременного ремонта.

Кроме этого, необходимо исследование причин подтопления застроенных территорий на селе путем привлечение сторонних вод для водоснабжения (р. Иртыш, глубокие горизонты подземных вод), не сопровождающиеся соответствующим водоотведением. Определение роли многочисленных мелких водохозяйственных сооружений (пруды, копани, котлованы, оросительные и осушительные системы с открытыми водопроводящими нерегулируемыми сооружениями), лишившихся ежегодного ухода, ремонта и подготовки к паводкам являющихся источниками интенсивного питания грунтовых вод, позволит сводить к минимуму их негативное влияние. Помимо перечисленных мероприятий также необходимо выявление причин высоких уровней грунтовых вод (в условиях подтопления территории) при неизменном природном увлажнении способствующих поверхностному затоплению и подтоплению земель весной.

Полученные результаты могут быть использованы для широкого круга практических задач по защите территорий населенных пунктов от подтопления и затопления. Необходимо отметить возможность использования полученных методик при определении приходных частей стока в случае недостаочности исходных данных, т. е. для неизученных в гидрологическом отношении бассейнов. Полученные результаты исследования лягут в основу методологического описания взаимодействия ресурсов увлажнения и теплообеспеченности, определения оптимальных принципов управления водными ресурсами, в пределах конкретной территории, с целью недопущения негативного их воздействия на экономику и социальную сферу.

Список литературы

1. Белоненко, Г. В. Воднобалансовые расчеты неизученных бассейнов малых рек : учеб. пос. / Г. В. Белоненко. – Омск : Изд-во ОмСХИ, 1985. – 71 с.
2. Белоненко, Г. В. Картографический анализ пространственно-временного распределения элементов влагооборота в бассейне Оби / Г. В. Белоненко, И. Н. Ротанова и др. // Мир науки, культуры, образования. – 2010. – № 1. – С. 95 – 99.
3. Будыко, М. И. Антропогенные изменения климата / М. И. Будыко. – Л. : Гидрометеиздат, 1987. – 405 с.
4. Винокуров, Ю. И. Физико-географическое районирование Сибири как основа разработки региональных систем природопользования / Ю. И. Винокуров, Ю. М. Цимбалей, Б. А. Красноярова // Ползуновский вестник. – 2005. – № 4 (Ч. 2). – С. 3–13.

5. Мезенцев, В. С. Уравнение теплоэнергетического баланса процесса суммарного испарения / В. С. Мезенцев, Г. В. Белоненко, К. П. Березников // Труды Омского с.-х. ин-та, 1966. – Т. 66. – С. 111 – 118.
6. Мезенцев, В. С. Увлажненность Западно-Сибирской равнины / В. С. Мезенцев, И. В. Карнацевич. – Л. : Гидрометеиздат, 1969. – 168 с.
7. Ряполова, Н. Л. Условия формирования ресурсов тепла и влаги как основы функционирования и устойчивости природных систем Западно-Сибирского Севера / Н. Л. Ряполова // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Т. 22, № 2. – С. 271 – 281.
8. Тусупбеков, Ж. А. Оценка экологической устойчивости поверхностных вод Западной Сибири / Ж. А. Тусупбеков, Н. Л. Ряполова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия : География и геоэкология. – 2019. – № 3. – С. 55–60.

References

1. Belonenko, G. V. *Vodnobilansovye raschety neizuchennykh bassejnov mal'nykh rek* [Water balance calculations of unexplored small river basins]. Omsk, Omsk agricultural Institute Publ., 1985, pp. 71.
2. Belonenko, G. V. *Kartograficheskij analiz prostranstvenno-vremennogo raspredeleniya ehlementov vlagooborota v bassejne Obi* [Cartographic analysis of the spatial and temporal distribution of moisture turnover elements in the Ob river basin]. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya* [World of science, culture, and education], no. 1, pp. 95–99.
3. Budyko, M. I. *Antropogennye izmeneniya klimata* [Anthropogenic climate change]. Leningrad, Hydrometeoizdat Publ., 1987, pp. 405.
4. Vinokurov, Yu. I., Simbalej, Yu. M., Krasnoyarova, B. A. *Fiziko-geograficheskoe rajonirovanie Sibiri kak osnova razrabotki regional'nykh sistem prirodnopol'zovaniya* [Physical and geographical zoning of Siberia as a basis for the development of regional environmental management systems]. *Polzunovskij vestnik* [Polzunovskii Herald], 2005, no. 4 (ch. 2), pp. 3–13.
5. Mezentsev, V. S., Belonenko, G. V., Berезnikov, K. P. *Uravnenie teploehnergeticheskogo balansa protsesssa summarnogo isparenija* [Heat and energy balance equation for the total evaporation process]. *Trudy Omskogo sel'skokhozyajstvennogo instituta* [Proceedings of the Omsk agricultural Institute], 1966, t. 66, pp. 111–118.
6. Mezentsev, V. S., Karnatsevich, I. V. *Uvlazhnennost' Zapadno-Sibirskoj ravniny* [Moisture content of the West Siberian plain]. Leningrad, Hydrometeoizdat Publ., 1969, p. 168.
7. Ryapolova, N. L. *Usloviya formirovaniya resursov tepla i vlagi kak osnovy funkcionirovaniya i ustojchivosti prirodnykh sistem Zapadno-Sibirskogo Severa* [Conditions for the formation of heat and moisture resources as the basis for the functioning and stability of natural systems in the West Siberian North]. *Vestnik SGUGiT* [Bulletin SGUGiT], 2017, t. 22 (ch. 2), pp. 271–281.
8. Tusupbekov, Zh. A., Ryapolova, N. L. *Otsenka ehkologicheskoi ustojchivosti poverkhnostnykh vod Zapadnoj Sibiri* [Assessment of environmental sustainability of surface waters in Western Siberia]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya i geoehkologiya* [Bulletin of the Voronezh state University. Series: Geography and Geoecology], 2019, no. 3, pp. 55–60.