

Бондар А.Е.

## ВЛИЯНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА РЕЧНОЙ СТОК РАЗЛИЧНЫХ ПРИРОДНЫХ ЗОН УКРАИНЫ

**Введение.** Антропогенная деятельность человека при использовании водных ресурсов рек значительно влияет на количественные и качественные характеристики водных объектов и их гидрологический режим. Например рост промышленности и народонаселения с концентрацией в крупных городах затрудняет использование водных ресурсов урбанизированных территорий. Особенно это касается экосистем малых рек, которые в свою очередь формируют водные ресурсы средних и больших рек, пользование которыми продолжает носить экстенсивный, разрушительный для них характер.

Одним из основных факторов влияния на реки является хозяйственная деятельность (как на водосборе, так и в русле реки). На водосборе (комплекс агролесомелиоративных мероприятий, орошения и осушения, урбанизация, гидротехническое строительство и т.п.) и в русле рек (водозаборы, сбросы сточных вод, строительство водохранилищ и прудов и т.д.) такая деятельность обусловила значительную антропогенную нагрузку, которая способствовала количественному и качественному истощению речных сетей. Так, за последние десятилетия наблюдается исчезновение малых рек. Кроме этого, растет односторонняя тенденция изменения гидрологического режима и его характеристик (норма, максимальный, минимальный и твердый стоки).

Любой вид хозяйственной деятельности человека, который проводится в значительных масштабах в речных бассейнах, поймах и руслах, представляет собой вмешательство в водный режим реки, которое вызывает коренные изменения ее водности. Между тем, целенаправленная и научно обоснованная хозяйственная деятельность позволяет увеличить водообеспеченность территории, улучшить водный режим рек, увеличить пропускную способность речных русел и пойм и тем самым снизить риски экономических убытков государства в результате водохозяйственного освоения речных бассейнов [2, 8].

На территории Украины выделяются **три природные зоны:** смешанных лесов, лесостепная, степная (рис. 1).

Зона смешанных лесов занимает северную часть Украины. Ее поверхность равнинная. Эту зону также называют Украинским Полесьем. На территории этой природной зоны много рек. Это – край озер и болот. Благодаря значительному количеству осадков реки Полесья полноводные. Весной, во время таяния снегов, на них бывают длительные наводнения. Дождевая и талая вода медленно просачивается в почву, поэтому и образуются болота. Подземные воды выходят на поверхность многочисленными ручьями. Они питают реки, озера, болота.

Чем дальше на юг от зоны смешанных лесов, тем больше появляется безлесных участков – участков степи. Территория, на которой чередуются участки леса и степи, называется лесостепной зоной. В лесостепной зоне теплое лето и умеренно холодная зима. Осадков выпадает меньше, чем в зоне смешанных лесов, но больше, чем в степях. На степных участках преобладает черноземный грунт. Природные условия благоприятны для роста и развития озерающих и многих культурных растений. В этой зоне преимущественно встречаются участки лиственных лесов.

К югу от лесостепи до Черного и Азовского морей раскинулась безлесная территория – степная зона Украины. По степной зоне к морям текут большие реки Украины. В дельте Дуная много пресных озер, а на побережье Черного моря – соленых озер-лиманов. На Днестре построен каскад искусственных водоемов – водохранилищ.

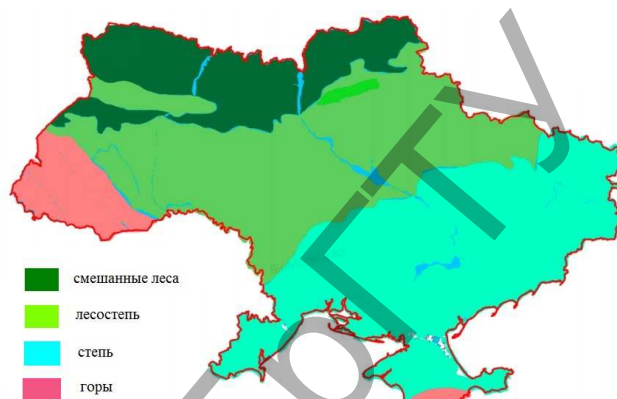


Рис. 1. Карта природных зон территории Украины

Что касается хозяйственной деятельности на водосборах и в руслах рек, то каждой зоне присущи свои виды хозяйственного освоения. В той или иной степени, такое освоение вызывает (но не всегда) изменения в водных ресурсах и в формировании речного стока как в сторону увеличения, так и уменьшения.

В условиях Украинского Полесья основным видом хозяйственной деятельности является осушительная мелиорация. Она по-разному влияет на водный режим рек в зависимости от климатических, почвенных, гидрогеологических, гидрографических условий водосбора, степени его заболоченности, типа болот, месторасположения и площади осушаемых торфяных болот и минеральных заболоченных земель: в одних случаях это влияние может быть незначительным, а в других может проявляться достаточно определенно.

В первые годы после осушения проходит некоторое увеличение годового и сезонного стоков, которое связано с уменьшением суммарного испарения и износом запасов избыточных вод, а в дальнейшем, учитывая интенсивность хозяйственной деятельности на мелиорированных землях, происходит внутригодовое перераспределение стока. Максимальные расходы могут как увеличиваться, так и уменьшаться, что в значительной степени зависит от типа осваиваемых территорий (торфяные или минеральные почвы) и их расположения. В свою очередь, минимальный и меженный стоки в условиях одностороннего нерегулируемого осушения обычно значительно увеличиваются, а сток рек при осушении низинных болот также может значительно увеличиваться за счет дополнительного притока грунтовых вод.

После проведения осушительных мелиораций на водосборах частично изменяются условия формирования речного стока. Необходимо также дополнить, что влияние мелиорации на речной сток при осушении торфяных болот и избыточно увлажненных минеральных почв проявляется по-разному. Например, водно-физические свойства минеральных почв, особенно тяжелых по механическому составу, в отличие от торфяников, меняются незначительно.

В результате осушения пойменных заболоченных земель меняются условия формирования речного стока с осушаемой площади, в то время как на суше, прилегающей к этой площади, мелиорация не вызывает существенных изменений, так как на склонах уровень грунтовых вод до проведения осушения обычно находится на значительном расстоянии от поверхности и именно поэтому его некоторое снижение не отражается на условиях формирования речного стока.

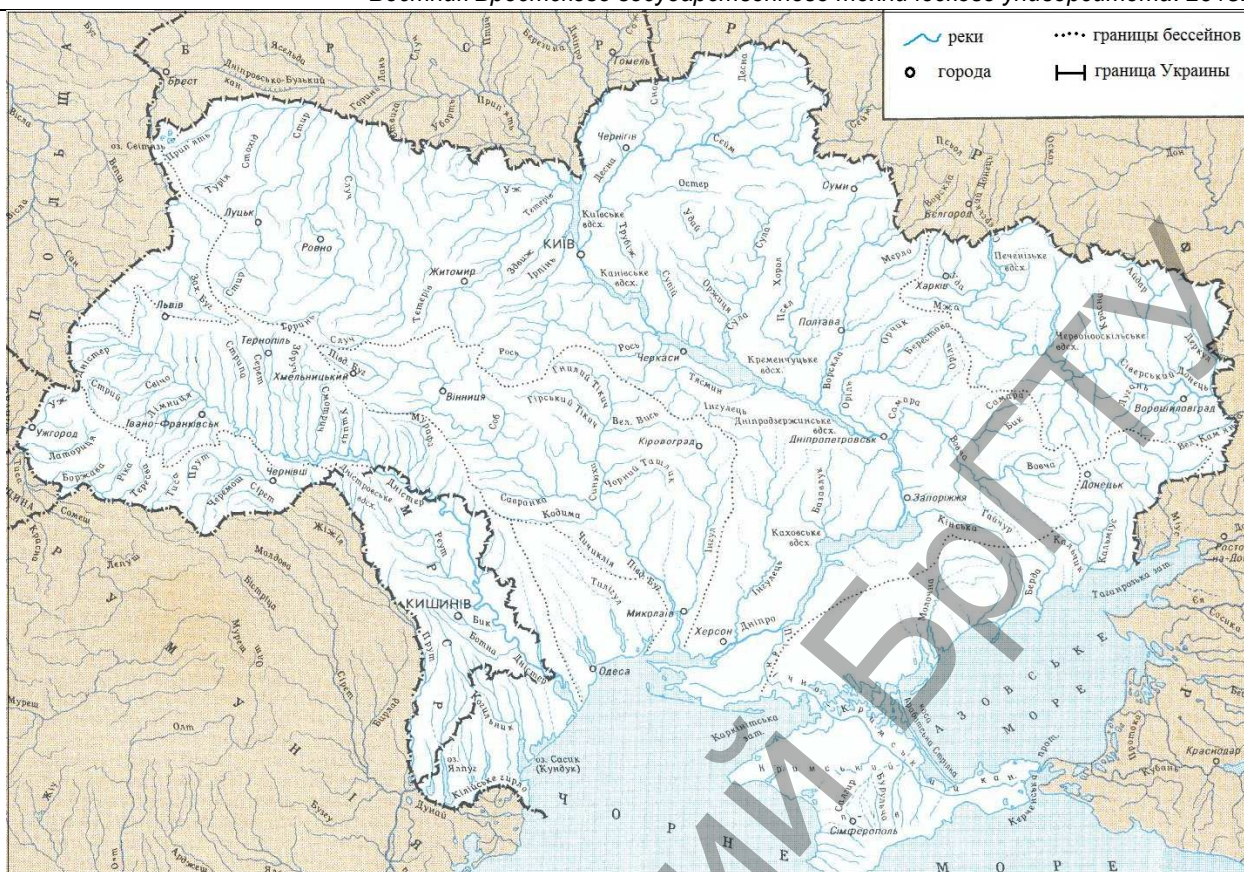


Рис. 2. Гидрографическая сеть территории Украины

Результаты натуральных наблюдений на территориях Украины и Белоруссии показывают, что на осушаемых поймах с торфяными почвами поверхностный сток почти никогда не наблюдается (на торфяниках сток бывает только в годы со значительными снегозапасами и глубоким промерзанием почвы), в то время как на массивах с минеральными почвами речной сток присутствует. Обычно вода, сформированная на поверхности торфяников от таяния снега и выпадения осадков, постепенно инфильтрируется вглубь, повышая уровень грунтовых вод. И так, на осушаемых поймах с торфяными почвами поверхностный сток чаще всего поступает в каналы уже в виде грунтового, то есть происходит перераспределение стока.

По мере повышения уровня воды в магистральных каналах вода коллекторах и боковой сети оказывается все более подпертой, что вызывает быстрый подъем уровня грунтовых вод, и, наконец, в некоторые годы вода из открытой сети может поступать на территорию осушаемой поймы. После этого уровень грунтовых вод резко поднимается и почти на всех участках достигает поверхности поймы. Вследствие этого, по мере снижения уровней в каналах, вода освобождает осушаемую поверхность, и уровень грунтовых вод, благодаря наличию осушительной сети, быстро снижается.

Речной сток в течение летней межени после осушения может несколько возрасти за счет возможного дополнительного притока подземных вод через раскрытые каналами водоносные горизонты и попусков воды, аккумулированной в прудах и водохранилищах, но в натуре увеличения речного стока часто выявить невозможно, так как в вегетационный период каналы нередко перекрыты шлюзами-регуляторами, которые создают искусственный подпор.

На протяжении осени речной сток может увеличиваться за счет сброса воды, не использованной на увлажнение земель, с осушаемой территории при полном открытии всех шлюзов-регуляторов и дополнительного притока грунтовых вод через открытые каналами водоносные горизонты. Во влажные годы шлюзы-регуляторы в вегетационный период не закрывают, так как осушительная система работает только на сброс избыточных вод и поэтому в осенний период увеличения стока рек, за счет сброса аккумулированной в каналах воды не наблюдается.

Годовой сток после осушения под влиянием испарения может не меняться, однако может увеличиваться и уменьшаться. В результате дополнительного притока подземных вод (привлечение речного стока сетью каналов и дрен из замкнутых понижений и блюдцев) годовой сток водотоков обычно несколько увеличивается.

Таким образом, при проектировании и эксплуатации водохозяйственных систем необходимо учитывать, что на речных водосборах осушаемых территорий высокие расходы паводков наблюдаются почти ежегодно, что наносит большой вред водохозяйственным объектам. Также нужно понимать, что в засушливые периоды величины максимального стока очень малы, поэтому при хозяйственном освоении территории необходимо предусматривать мероприятия по увлажнению осушаемых земель. Поэтому для решения проблемы влияния осушительных мелиораций на речной сток, получение количественной оценки его изменения, уточнения расчетных модулей стока, учета воды, которая используется на водопотребление культурами, необходимо на осушаемых водосборах проводить регулярные наблюдения за всеми элементами водного баланса [5, 6].

На территории лесостепной зоны Украины одними из основных видов хозяйственной деятельности являются русловое регулирование стока (строительство и эксплуатация прудов и водохранилищ) и земледелие (агрлесотехнические мероприятия).

Русловое регулирование является наиболее распространенным и эффективным способом устранения дефицита водных ресурсов в маловодные годы и лимитирующие периоды. Регулирование речного стока искусственными водоемами осуществляется не только для гидроэнергетики, но и удовлетворяет потребности населения, а также промышленности и сельского хозяйства, поскольку все эти пользователи заинтересованы в повышении меженному стоку рек, который при строительстве искусственных водоемов увеличивается в несколько раз.

Создание и эксплуатация искусственных водоемов не только изменяют природные комплексы, но и влияют на состояние природной среды регионов. Так, водохранилищами Днепровского каскада затоплено около 690 тыс. га земель, и 30% их площади представляют собой мелководье с глубинами до 2 м. Это приводит к потере сельскохозяйственных угодий, влияет на экологические условия водохранилищ

(изменяется их гидрохимический и тепловой режим, в них поселяются сине-зеленые водоросли, которые забирают из воды кислород, что ведет к гибели рыбы) и прилегающих к ним территорий (повышение грунтовых вод вызывает засоление земель в степных районах).

Такие сооружения обычно приводят к перераспределению речного стока во времени и его увеличению за счет аккумуляции в определенный лимитирующие периоды и маловодные годы. Вместе с тем, искусственные водоемы в результате затопления большой площади территории значительно увеличивают суммарное дополнительное испарение в лесостепных и степных районах, тем самым уменьшая суммарные водные ресурсы регионов, где они выступают как основные потребители воды.

В связи с этим, надежная количественная оценка влияния регулирования речного стока занимает ведущее место в исследованиях изменения водных ресурсов в результате хозяйственной деятельности.

Для оценки влияния имеющихся прудов и водохранилищ, а также находящихся на стадии проекта, разработаны схемы расчета, учитывающие дополнительные потери воды в бассейне реки в результате изменения суммарного испарения и аккумуляцию воды в чаше водохранилищ (прудов) и в подземных горизонтах за счет потерь воды на фильтрацию.

Изменения суммарного испарения являются постоянно действующим фактором и определяются величинами потерь из зон затопления и подтопления искусственных водоемов, с учетом некоторой экономии водных ресурсов за счет изменения наполнения в нижних бьефах. Величины аккумуляции воды в чашах и подземных горизонтах состоят из затрат воды на эту аккумуляцию и пополнения запасов подземных вод и представляют собой временные потери с момента заполнения искусственного водоема до наступления установленного уровня подземных вод (если отсутствует постоянный подземный отток воды за пределы водосбора). При этом продолжительность периода для больших равнинных водохранилищ может достигать 10–15 лет. Эти величины имеют, как правило, наибольшие значения в зонах недостаточного увлажнения: первая – за счет большой разницы испарения воды по сравнению с сушей, а вторая – за счет более глубокого стояния в естественных условиях уровня грунтовых вод в районах создания искусственных водоемов [3, 7].

В связи с интенсивным развитием сельского хозяйства на речных водосборах лесостепных и степных районов выполняется широкий комплекс мероприятий, которые направлены на улучшение выращивания сельскохозяйственных культур и повышения их урожайности. В этот комплекс входят различного вида агротехнические мероприятия (зяблевая и противозероэрозийная вспашка, снегозадержание, внедрение севооборотов, внесения удобрений, борьба с сорняками и т.д.) и защита полей от водной и ветровой эрозии (лесополосы).

Агротехническими мероприятиями охвачены практически все эродированные земли, созданы полевые защитные, прирусные и приовражные лесополосы, залесены склоны пастбищ, горные и возвышенные склоны, проведены сплошные и кулисные облесения песков, территорий вдоль каналов, вокруг водоемов.

Данные мероприятия на таких территориях способствуют задержанию воды на склонах, увеличению скважности и проницаемости почв, а также усилению инфильтрации талых и дождевых вод, в результате чего уменьшаются объемы поверхностного стока со склонов.

Оценка влияния агротехнических мероприятий на речной сток базируется главным образом на материалах экспериментальных исследований, и выводы относительно таких единодушно свидетельствуют о значительном (хотя и разном в количественном отношении) снижении средних значений поверхностного стока весеннего паводка.

Такая оценка должна предусматривать учет не только распаханности и водности года, но и характеристик почв, развития рельефа местности, а также глубину залегания грунтовых вод. Отдельно учитывается влияние леса и лесополос. Полученные результаты оценки контролируются независимым расчетом изменения суммарного испарения на водосборах в результате проведения комплекса агротехнических мероприятий.

На рассматриваемых территориях данные меры приводят к снижению склонового стока с одновременным увеличением запасов подземных вод. В результате наблюдается некоторое снижение общего поверхностного годового стока с заметным увеличением его подземной составляющей.

В целом увеличение урожайности сельскохозяйственных культур в несколько раз не приведет к существенному увеличению суммарного испарения и истощения водности рек даже в районах интенсивного сельскохозяйственного производства [4, 10].

В свою очередь на территории степной зоны Украины наиболее распространенным видом хозяйственной деятельности являются оросительные мелиорации. Орошения и инженерно-технические мероприятия, которые его обеспечивают, в той или иной степени тоже влияют на гидрологический цикл и водные ресурсы. Строительство крупных орошаемых массивов в аридных районах приводит к частичным изменениям регионального климата территории и перераспределения во времени и пространстве многих элементов водного, теплового и солевого балансов, продуктивного и непродуктивного испарения, склонового стока, температуры, влажности и т.д., которые происходят не только на орошаемых массивах, но и на прилегающих к нему территориях. Все эти процессы отражаются на изменениях различных гидрологических характеристик рек.

В исследованиях по оценке влияния оросительных мелиораций на речной сток существуют противоречивые мнения. Одни авторы считают, что речной сток под влиянием орошения практически не меняется, другие отмечают тенденции его снижения. Наличие противоположных точек зрения объясняется различными методическими подходами к оценке изменений речного стока и использованием различного объема исходных данных для решения поставленных задач.

С практической точки зрения важным аспектом влияния оросительных мелиораций на гидрологический режим и водный баланс являются изменения суммарного речного стока и засоления орошаемых земель. Их интенсивность зависит от многих природных и антропогенных факторов и прежде всего от масштабов орошаемого земледелия, типов оросительных систем, объемов полного и безвозвратного водопотребления на нужды орошения.

Чрезмерные поливы приводят к вторичному засолению плодородных земель, их подтоплению и заболачиванию. Неправильное применение минеральных удобрений и ядохимикатов нарушает естественный круговорот веществ, ухудшает качество сельскохозяйственной продукции. При несовершенной технологии внесения удобрений и обработки почвы растения способны усваивать только 50% их количества, остальное смывается поверхностным стоком, попадает в подземные и поверхностные воды, повышает их минерализацию. Ядохимикаты, используемые при выращивании сельскохозяйственных культур, в большинстве являются токсичными для живых организмов и вредными для здоровья людей.

При оценке количественных изменений речного стока под влиянием оросительных мелиораций, наряду с объемом водопользования, большое значение имеет величина возвращенных вод, которая определяется в % от водозабора. Надежная оценка возвращенных вод имеет решающее значение при перспективном планировании использования водных ресурсов в районах орошаемого земледелия. Выполнить данную оценку очень сложно, так как величина возвращенных вод зависит от коэффициента полезного действия оросительной системы и расположения ее относительно водоприемника, метеорологических условий, объема водоподдачи, способа полива и многих других факторов. В зависимости от соотношения перечисленных факторов величины возвращенных вод для различных оросительных систем колеблются в очень больших пределах.

Необходимо также отметить, что при орошении проявляются сопутствующие неблагоприятные процессы (поднятие легкорастворимых солей, просадки, подтопления) [1, 9].

Заключение. Таким образом, изученность проблемы оценки воздействия хозяйственной деятельности на водный режим в целом все еще недостаточна для надежных расчетов прогнозирования всех его изменений в различных физико-географических условиях. Выводы исследований влияния тех или иных факторов хозяйственной деятельности, выполненные разными авторами, нередко довольно противоречивы и не всегда могут быть объяснены физически с точки зрения общих закономерностей формирования речного стока.

Результаты оценки влияния комплекса факторов хозяйственной деятельности на речной сток для бассейнов рек, расположенных в разных природных зонах, позволяют сделать вывод о том, что потери речного стока подчиняются закону географической зональности и

зависят от физико-географического расположения бассейнов и уровня хозяйственного освоения на них.

Необходимо отметить, что оценке воздействия хозяйственной деятельности на водные ресурсы мешает отсутствие надежных сведений о водопотреблении и особенно по водоотведении различными отраслями экономики.

Выполненный анализ позволяет наметить основные направления исследований влияния хозяйственной деятельности на водность рек различных природных зон Украины:

1. В первую очередь должны быть выполнены исследования по объективной современной и перспективной оценке изменения речного стока и гидрологического режима под влиянием различных видов хозяйственной деятельности в годы с разной водностью. Эти исследования должны быть основаны на широком использовании материалов фактических наблюдений за многолетний период. Одновременно должны проводиться исследования динамики качества воды в реках. Результаты таких оценок являются основой в планировании водохозяйственных мероприятий, которые направлены на устранение количественного и качественного истощения водных ресурсов.

2. В связи с крайне неравномерным распределением речного стока во времени и на территории различных природных зон и несоответствием данного распределения с размещением населения, промышленности и сельского хозяйства, перераспределение водных ресурсов становится объективной необходимостью и в настоящее время и на перспективу, а также является наиболее реальным способом для устранения дефицита воды, который возникает на таких территориях.

3. Вопрос истощения рек и изменения их гидрологического режима под влиянием хозяйственной деятельности, а также оптимального регулирования и управления водными ресурсами территорий, не в достаточной мере обеспеченных водой, являются логическим продолжением исследований по проблеме влияния человека на водные ресурсы.

Поэтому первостепенное значение приобретает разработка теоретических вопросов влияния хозяйственной деятельности на гидрологический режим рек различных природных зон посредством использования современных ГИС-технологий, спутниковых данных,

а также математического моделирования трансформации гидрометеорологических процессов за последние десятилетия для объективной оценки изменения водности рек под влиянием отдельных видов и всего комплекса хозяйственной деятельности и глобальных изменений климата.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Балюк, С.А. Научные основы охраны и рационального использования орошаемых земель Украины / С.А. Балюк, М.И. Ромащенко, В.А. Сташук – К.: Аграрна наука, 2009 – 624 с.
2. Бондар, А.Е. Влияние хозяйственной деятельности на водные ресурсы // *Materiały międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji.* – Vol. 9. Ekologia. Geografia i Geologia. Rolnictwo. Weterynaria. – Przemysł: Nauka i studia – S. 34–36.
3. Водогрецкий, В.Е. Учет влияния малых искусственных водоемов на весенний сток / В.Е. Водогрецкий, Г.В. Голфаст // *Труды ГТИ.* – 1986. – Вып. 324. – С. 52–58.
4. Водогрецкий, В.Е. Оценка влияния агротехнических мероприятий на сезонный сток рек // *Труды ГТИ.* – 1981. – Вып. 273. – С. 3–8.
5. Запольский, И.А. Влияние мелиорации на водный баланс Украинского Полесья. – К.: Наукова думка, 1991. – 168 с.
6. Каркуцкий, Г.Н. Гидрологические аспекты осушительных мелиораций. – К.: Наукова думка, 1982. – 158 с.
7. Кордюм, А.Б. Оценка изменений нормы речного поверхностного стока в условиях хозяйственной деятельности // *Вестник аграрной науки* – 2006. – № 7. – С. 48–51.
8. Кордюм, А.Б. Методологические проблемы количественной оценки изменений нормы речного стока под влиянием антропогенной деятельности человека в современных условиях // *Гидрология, гидрохимия и гидроэкология.* – К.: БГЛ «Горизонти», 2006. – Том 10. – С. 42–48.
9. Харченко, С.И. Гидрология орошаемых земель. – Л.: Гидрометеоиздат, 1975. – 246 с.
10. Шикломанов, И.А. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – 335 с.

Материал поступил в редакцию 23.03.15

#### BONDAR A. Effect of separate types of economic activity on river flow of different natural zones of Ukraine

The article discusses modern condition of the economic impact on the river flow in different zones of Ukraine. The main types of economic activities on river catchments and analyzed their impact on river flow. In the process of anthropogenic pressures in the river basins the territory under consideration, a change occurs in their availability of water resources. Noted, that the effects of this loads can lead to substantial loss of river flow, which obeys the law of geographical zonality and depends on the physical and geographical location basins and level of economic development against such there.

УДК 620.9

Северянин В.С.

### ФИЗИКА УСТРОЙСТВ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ГОРЕНИЯ

**Введение.** В научно-исследовательской лаборатории ПУЛЬСАР кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Брестского государственного технического университета в течение многих лет ведутся теоретические и практические разработки высокофорсированного топочного процесса – так называемого пульсирующего горения. Многочисленные публикации, изобретения, ряд промышленных применений в виде специальных аппаратов показывают возможности и перспективы нового теплотехнического метода, предлагаемого лабораторией.

Впервые теория пульсирующего горения (под названием «вибрационное горение») была представлена Борисом Викторовичем Раушенбахом, одним из корифеев советской космонавтики [1]. При создании мощных ракетных двигателей возникали интенсивные разрушительные огневые режимы, что потребовало их глубокого изучения с целью не только их предупреждения, но и полезного использования. Это стало базой дальнейшего развития метода как в СССР, так и за рубежом [2].

Процессы, объединенные понятием «пульсирующее горение»,

настолько сложны, что математическое описание не обходится без некоторых условностей и допусков, а изучение физики явлений зачастую опирается на логические построения, взятые из практических наблюдений.

**Техническое оформление метода.** Пульсирующее горение проявляется двумя его разновидностями, как процесса с периодически меняющимися параметрами:

- гармонические автоколебания и вынужденные колебания основных материальных потоков (топлива, окислителя, продуктов сгорания), когда изменения описываются синусоидальными или близкими к ним закономерностями;
- релаксационные, или взрывные, импульсные изменения, когда имеется резкая нелинейность, т.е. отклонения от среднего уровня ступенчатые, скорости изменения выше первого порядка.

Конструкция гармонически действующих устройств, как правило, подчинена законам акустики, ибо автоматичность колебаний газового столба в устройстве существует благодаря физическим автоколе-

Северянин Виталий Степанович, д.т.н., профессор, профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология