
В.И. БОХОНКО

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ МЕЛИОРАЦИИ НА ПРИРОДНЫЙ КОМПЛЕКС

Хозяйственная деятельность по созданию и эксплуатации мелиоративных систем оказывает существенное влияние на факторы, регулирующие жизнь в естественной природе. В частности, широкомасштабное сельскохозяйственное использование мелиорируемых земель влияет на водный, пищевой и другие факторы жизни растений, что неизбежно ведет к изменениям (порой неблагоприятным) как внутри самой системы, так и на прилегающих территориях. Однако охрану природы следует понимать не как самоцель, а как средство достижения главной цели: обеспечение в условиях ограниченных ресурсов наиболее сбалансированного наличия всех факторов жизни людей на протяжении максимально длительного промежутка времени. При таком подходе создаваемые мелиоративные системы по регулированию некоторого лимитирующего фактора жизни должны удовлетворять одновременно набору хозяйственных и природоохранных целей. Среди хозяйственных (экономических) целей выделяется максимизация доходов при минимизации затрат на их обеспечение, а природоохранные цели заключаются в минимизации негативного влияния на окружающую среду и через нее непосредственно на людей. Достижение этих целей представляет собой компромисс между противоречивыми требованиями различных природных и технических систем, а в конечном итоге через деятельность людей.

Гидромелиоративные системы создаются в первую очередь для регулирования водного режима почв, являющегося лимитирующим фактором жизни растений. В Белорусском Полесье, относящемся к зоне неустойчивого земледелия, для создания благоприятного водно-воздушного режима в почве прежде всего необходимо удаление избыточной влаги, но в маловодные периоды растения испытывают недостаток и в воде. Двухстороннее регулирование водного режима посредством строительства мелиоративных систем является непереносимым условием перераспределения влагозапасов на мелиорируемых объектах в пространстве и времени.

Проведение мелиорации и вовлечение в интенсивное сельскохозяйственное использование значительных территорий в водосборах рек оказывает неизбежное широкомасштабное влияние на окружающую среду. При этом одинаково непродуктивны подходы, рассматривающие мелиорацию как мероприятие, исключительно улучшающее природу, так и считающие ее главным разрушителем. Как и в случае любой другой хозяйственной деятельности, неизбежной платой за производство является негативное влияние на окружающую среду. Оно вызывается несогласованностью (и противоречивостью) интересов системы сельскохозяйственного растениеводства и различных других природных и технических систем, связанных конкуренцией за потребление дефицитных ресурсов: пространства для обитания (сельскохозяйственные угодья, болотные и лесные массивы); водных ресурсов (сельскохозяйственное, промышленное использование), а также наличием сложных транзитивных цепочек прямых и обратных связей. Процессы, протекающие в различных подсистемах, имеют общую основу (потоки воды зависят от уровней грунтовых вод) и представлены на рисунке применительно к мелиорируемому сельскохозяйственному объекту (МСХО). На водосборе, включающем неразрывно связанные единой системой цели и взаимодействия, выделяют следующие подсистемы: мелиоративная сеть (МС), мелиорируемая почва (МП), сельскохозяйственная растительность (СХР) и изменяемая окружающая среда (ИОС). При этом ИОС включает те же компоненты и протекающие процессы, что и непосредственно мелиорируемая территория (почва, гидросфера, атмосфера, флора и т.д.).

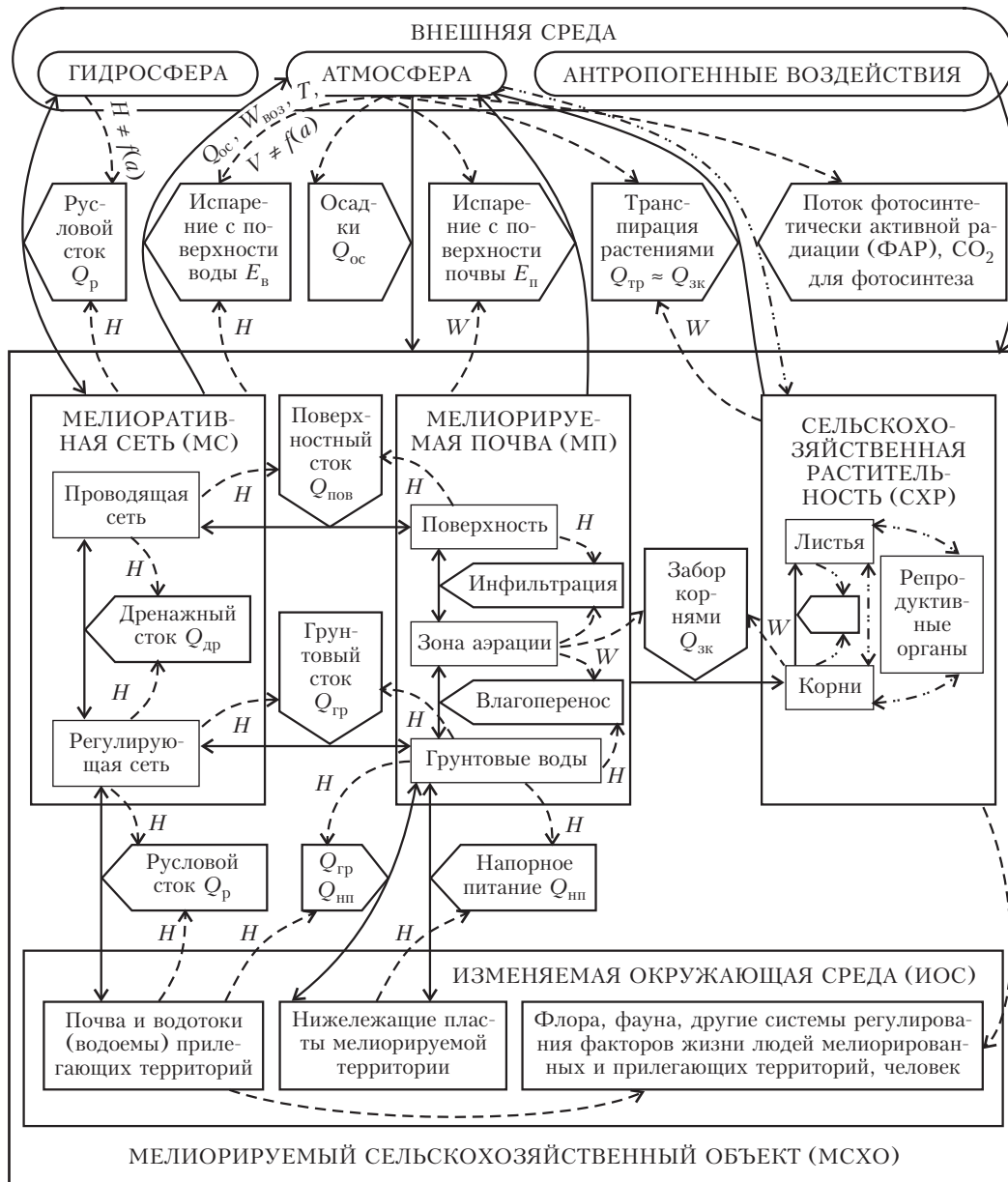


Рис. Взаимосвязь процессов динамики воды на мелиорируемом сельскохозяйственном объекте:
 □ — системы (подсистемы) — емкости, характеризующиеся уровнем; ⬡ — функции решений; ○ — внешняя среда (надсистема “природа”); —→ — вещественные потоки (воды, а также переносимых ею тепла, питательных элементов, химических элементов и т.д.); - - -> — потоки ФАР, CO_2 , ассимилятов растений; ···> — потоки информации; H (W) — переменные типа уровня (уровень воды (влажность) в соответствующей подсистеме; Q — переменные типа потока; $W_{\text{воз}}$, T , V — влажность, температура воздуха, скорость ветра; $f(a)$ — альтернативы (варианты структуры, изменяемых параметров, управлений) в МСХО

Проблема, связанная с конкуренцией за ресурсы, должна решаться в рамках задачи межотраслевого баланса и задачи бассейнового водоиспользования, в результате чего будут определяться соотношения площадей под различными угодьями, процент мелиорированности водосбора, характер и интенсивность сельскохозяйственного использования земель. При этом нужно учитывать ограничения, накладываемые локальной задачей, — оптимизация функционирования мелиорированного сельскохозяйственного объекта на водосборе.

Осуществление природоохранных мероприятий на мелиорируемых водосборах не должно основываться на рассмотрении отдельно выбранных положительных или отрицательных факторов, относящихся к некоторому моменту или отдельной точке водосбора. Здесь требуется системное рассмотрение всех изменений, связанных с мелиорацией, сельскохозяйственным использованием и охраной природы, т.е. одновременная эколого-экономическая оценка эффективности МСХО в целом. Изменение природных процессов вызывается взаимным влиянием воздействий, осуществляемых во всех подсистемах МСХО: создание открытой и закрытой регулирующей сети — в подсистеме мелиоративная сеть; обработка почвы, внесение удобрений, средств защиты растений — в подсистеме мелиорируемая почва; замена естественной растительности на сельскохозяйственные культуры — в подсистеме сельскохозяйственная растительность.

Водный режим болотных вод в первые годы после осуществления мелиорации трансформируется в гидрологический режим почвы — грунтовые воды начинают колебаться возле нового уровня, более отвечающего требованиям сельскохозяйственной растительности. При этом достигается состояние динамического равновесия, определяемого базисом эрозии созданной осушительной сети и действием отрицательных обратных связей (см. рисунок), не допускающих бесконечное понижение УГВ (влажности почвы). Это подтверждается многочисленными гидрологическими исследованиями мелиорированных территорий и, в частности, результатами двадцатилетнего мониторинга мелиорированного водосбора р. Ясельды и находящегося в естественном состоянии водосбора р. Нарев на Пружанском стационаре. При этом реально складываются следующие изменения водного режима в различных подсистемах водосбора.

Характеристика экологического состояния естественного и мелиорированного водосборов рек

	Нарев	Ясельда	
<i>Гидрологические характеристики</i>			
Осадки, мм	564	564	
Испарение, мм	434	460	
Русловой сток, мм	162	186	
	(56 % — поверхностный сток)	(5 % — поверхностный сток)	
q_{\max} , л/с/км ²	43	22	
УГВ, см	У поверхности	$q_{\text{межен}} = 4q_{\text{мес.неосуш.}}$ 107	
		Прилегающая территория	
		100 м — 79	
		1000 м — 38	
		3000 м — 5–9	
Влажность почв, % ППВ	85–100	65–80	
<i>Микроклиматические характеристики</i>			
Влажность воздуха на высоте 2 м (болото/прилегающая территория):			
Абсолютная, мбар	12,4/12,2	12,7/12,9	
Относительная, %	79/77	82/82	
Радиационный баланс, ккал/см ²	42,2	41,2/41,9	
Температура воздуха на высоте 2 м	6,5/6,6	6,1/6,6	
<i>Концентрация основных ионов в водотоках, мг/л</i>			
Ca ²⁺	48,9	62,7	ПДК 180
Mg ²⁺	5,1	6,1	40
K ⁺	0,9	1,4	50
Na ⁺	2,9	4,7	120
NH ₄ ⁺	0,9	0,6	5,0
HCO ₃ ⁻	153,0	127,8	—
SO ₄ ²⁻	5,8	10,4	100
Cl ⁻	9,4	8,5	300
NO ₃ ⁻	6,7	9,7	45
PO ₄ ³⁻	0,18	0,20	0,2

Почва мелиорируемой территории: увеличивается грунтовой сток; уменьшается поверхностный сток (за счет возрастания инфильтрации осадков в аккумуляющую емкость зоны аэрации); понижаются и устанавливаются более благоприятные для сельскохозяйственной растительности уровни грунтовых вод и влагозапасы.

Почва прилегающей территории: происходит снижение УГВ на территории, прилегающей к осушенному объекту, затухающее с удалением от границ осушения.

Гидросфера: незначительно возрастает русловой сток гидрографической сети, используемой в качестве водоприемников за счет срезания экстремальных значений; возрастание в маловодные периоды за счет грунтовой составляющей и снижение в многоводные периоды (сезоны, годы) за счет уменьшения поверхностной составляющей; уменьшается глубина грунтовых вод в меженный период в случае отсутствия подпорных сооружений на отрегулированных водоприемниках.

Атмосфера: достоверных изменений осадков в связи с мелиорацией не отмечено; возрастает испарение в связи с увеличением водопотребления растительностью для формирования более высоких урожаев, в результате этого увеличивается влажность воздуха, однако на прилегающих территориях это изменение быстро затухает.

Напорные пласты: увеличивается подпитка грунтовых вод за счет напорного питания, компенсирующая возрастание расходных составляющих водного баланса — стока и испарения.

В целом относительно изменений водного режима можно сделать вывод, что система устойчива к мелиоративным возмущениям. Согласно принципу Ле-Шателье, она гасит возмущения за счет отрицательных обратных связей. К примеру, невозможно бесконечное понижение уровней грунтовых вод, так как их падение ведет к уменьшению основных расходных составляющих — стока и испарения — и тем самым замедляет понижение УГВ. В целом мелиорация за счет повышенной канализованности водосбора интенсифицирует протекание основного природного процесса — круговорота воды. Отрицательными изменениями по водному режиму могут быть признаны: понижение уровней грунтовых вод на прилегающих территориях, если до этого они были благоприятны для произрастающей растительности (при избыточном начальном увлажнении их понижение наоборот играет положительную роль, а при исходных глубинах, превышающих 1,5–2,0 м, их изменения не играют роли). Конкретные величины площадей, на которых изменения УГВ неблагоприятны, зависят от проводимости грунтов (чем она выше, тем распространение возмущений дальше), формирующей уклон депрессионной поверхности УГВ и рельефа территории, взаимоположение которых и определяет площади с неблагоприятными УГВ. Некоторое снижение продуктивности из-за переосушения части прилегающих территорий неизбежно и должно учитываться в экономической эффективности всего объекта в целом. Наиболее кардинальное природоохранное мероприятие в этих условиях — устройство противофильтрационного экрана (или наоборот подпитывающего канала с поддержанием требуемого уровня воды) по периметру осушенного объекта. Однако это чрезвычайно дорогостоящие мероприятия, а экономически дорогостоящие решения фактически являются экологически неоправданными, так как непродуктивно используют материальные, энергетические ресурсы, получение которых является нежелательным вмешательством в природу), и их применение оправданно только на чрезвычайно значимых объектах. Снижение УГВ на прилегающих территориях с населенными пунктами может привести к пересыханию колодцев. Негативные последствия этого устраняются компенсирующими мероприятиями: устройством артезианских скважин (имеющих более качественную воду) и центрального водоснабжения сельских населенных пунктов. Недопущение снижения уровня воды в водотоках в меженный период требует устройства подпорных сооружений. Вышеприведенные изменения водного режима в силу наличия цепочек транзитивных связей ведут к изменению других режимов.

Воздушный режим: уменьшение в результате осушения влажности почвы ведет к пропорциональному увеличению воздухонасыщенности в благоприятном для растений направлении.

Химический режим: внесение удобрений и средств защиты растений при сельскохозяйственном использовании мелиорированных земель с учетом вышеописанного увеличения динамичности водной среды в результате создания мелиоративной сети приводит к возможности большей загрязненности участков водосбора (почв и прежде всего водотоков), расположенных ниже по течению мелиорированных объектов, химическими соединениями (удобрениями, пестицидами) посредством турбулентного переноса их в растворенном виде потоками воды. Химическое загрязнение приводит к наиболее негативным последствиям, так как ухудшает качество воды, используемой для питья, рыбоводства, речной флоры и фауны и т.д. При дозах удобрений порядка 150–250 кг действующего вещества/га среднесуточная концентрация химических соединений в речных водах мелиорированного водосбора р. Ясельда была на 70 % выше, чем на неосушенном водосборе р. Нарев, оставаясь, однако, по всем элементам в пределах ПДК. Очевидно, что при больших дозах удобрений загрязненность вод может увеличиваться и выше допустимых показателей. Например, в Голландии в результате высоких доз удобрений химическое загрязнение водотоков таково, что вылавливаемая рыба не поддается употреблению в пищу.

Природоохранными мероприятиями в этих условиях являются: использование безопасных сбалансированных доз удобрений и средств химической защиты растений, соблюдение технологий их внесения, прежде всего исключая их вынос поверхностным стоком, устройство водоохраных зон возле значимых водотоков, водоемов.

Кардинальным решением проблемы химического загрязнения является организация сельскохозяйственного производства по принципу замкнутых промышленных загрязняющих производств – создание водооборотных систем различного масштаба (величина дренажной системы, поля севооборота, отдельного объекта, водосбора и т.д.). На них динамика воды происходит по замкнутому циклу: формирующий внутренний сток не сбрасывается во внешнюю гидрографическую сеть, а возвращается в регулирующие емкости на объекте (от колодцев-накопителей до водохранилищ многолетнего регулирования, в зависимости от масштабов системы). Однако такие системы помимо положительных свойств имеют и отрицательные стороны, в том числе и по экологическим показателям. Положительным является недопущение загрязнения вод внешней среды и возможность гарантированного регулирования водного режима, в том числе и в периоды дефицита почвенной влаги, используя регулирующие емкости. К недостаткам относятся: высокая капиталоемкость и энергоемкость, в том числе вызываемая необходимостью использования механического водоподъема (это можно считать и экологическими недостатками); большая химическая загрязненность вод гидрографической сети самой системы, которая, очевидно, должна играть в этих условиях чисто производственную роль; значительное влияние на гидрологический режим нижележащей сети, выражающееся в уменьшении руслового стока за счет фактического исключения из его формирования части площади водосбора, занятой водооборотной системой.

Очевидно, что использование водооборотных систем должно обосновываться эколого-экономическими расчетами и может быть оправдано при защите от загрязнения чрезвычайно значимых водных объектов, при интенсивном варианте сельскохозяйственного использования (большие дозы удобрений, отрегулированный водный режим), при исключительно производственном предназначении системы в связи с высокими концентрациями химических элементов на самой системе, но зато при чистой внешней среде.

Альтернативой этому является вариант экстенсивного (адаптивного) сельскохозяйственного использования (менее отрегулированный водный режим, меньшие дозы удобрений) и соответственно приемлемое загрязнение как самой системы, так и внешней среды.

Микроклимат: изменение водного режима (снижение влажности) почв уменьшает ее теплоемкость, а возрастание водопотребления растениями приводит к увеличению затрат тепла на испарение. В результате изменяется тепловой режим почв и атмосферы – микроклимат становится более континентальным, что неблаго-

приятно для сельскохозяйственной растительности. На прилегающей территории с удалением от объекта это изменение затухает. Некоторое частичное уменьшение урожайности в результате регулирования водного режима, ухудшения температурного режима является неизбежной платой.

Эволюция подсистем: вышеприведенные режимы в совокупности влияют на трансформацию параметров самих составляющих МСХО и прежде всего мелиорированной почвы. Осуществление при мелиорации культуртехнических работ, сведение кустарниковой растительности и т.д. позволяет сформировать поля севооборота большей протяженности, что положительно с точки зрения энергетических затрат (а значит, экологических издержек) при их обработке, однако создает большие открытые пространства для разгона ветра. В сочетании с уменьшением влажности почвы, осуществлением ее вспашки, т.е. нахождением не под покровом растительности, создается повышенный риск ветровой эрозии (в то же время, в связи с уменьшением поверхностного стока, уменьшается вероятность водной эрозии почв). Снижение влажности на торфяных почвах увеличивает также опасность пожаров на них.

Сельскохозяйственное использование осушенных торфяных почв ведет к постепенной их сработке, протекающей с различной интенсивностью под разными культурами. Разложение или сгорание торфа сопряжено с высвобождением связанного в нем углекислого газа, т.е. влияет на газовый состав атмосферы в благоприятных для растений параметрах, но не в благоприятном для людей направлении, хотя, по мнению автора, этот процесс не является критичным.

Основными способами минимизации последствий, вызываемых понижением УГВ и связанных с ним остальных вышеперечисленных изменений, является: более точное регулирование водного режима, исключая излишнее снижение УГВ; адаптивное растениеводство, требующее меньшего понижения УГВ; нахождение почвы под покровом растительности, чему соответствует лугопастбищное использование мелиорированных земель. Обработка почвы сельскохозяйственными механизмами ведет также к уплотнению почвы, для исключения которого рекомендуется рыхление, вспашка и другие приемы.

Флора, фауна: в результате целенаправленной смены естественной природной растительности на культурную сельскохозяйственную уменьшается видовое разнообразие растений. Снижение уровней грунтовых вод на прилегающих к осушенной части водосбора территориях неблагоприятно для влаголюбивой растительности и благоприятно для растительности, угнетаемой при избыточном увлажнении. Аналогично по-разному отражаются изменения в связи с мелиорацией условий жизни (место обитания и миграции, наличие пищи и т.д.) различных видов фауны.

Человек: МСХО меняет эстетический вид ландшафта. Возрастает протяженность гидрографической сети, но упрощается ее геометрия, аналогично упрощается рельеф, формируемый агроландшафт имеет менее разнообразный растительный покров. Охрана природы непосредственно в пределах самого МСХО может осуществляться за счет менее интенсивного использования мелиорированных земель, обеспечиваемого регулированием водного режима не по принципу использования всей площади под сельхозугодья (при котором осушение осуществляется на условиях наиболее напряженных участков — замкнутых понижений, в результате чего повышенные участки рельефа оказываются переосушенными), а ориентируясь на легче поддающиеся осушению площади, причем планируя менее интенсивное их использование в последующем. Сложные же для осушения и низкопродуктивные участки используются под свойственные им естественные угодья (адаптивная мелиорация): понижения — под болота или пруды-копани, а возвышенные малопродуктивные бугры — под кустарник, лес, устройство лесополос. Такая “экологизация” непосредственно МСХО снижает большую часть нежелательных воздействий мелиорации (уменьшает переосушение, увеличивает видовое разнообразие флоры, улучшает условия обитания и миграции животных, обогащает ландшафт). Следует отметить, что осуществление любых природоохранных мероприятий, в том числе компенсирующих неблагоприятные последствия мелиорации и сельскохозяйственного использования земель, теоретически возможно и имеется

целый ряд альтернатив для их осуществления. Реализация этих мероприятий требует материальных, энергетических затрат и других ресурсов, являющихся фактически экологическими издержками. Однако достигаемый при их использовании экологический эффект не должен перекрываться получаемыми при этом издержками. Поэтому очевидно, что “абсолютное” сохранение природы при существовании человечества невозможно в принципе. Речь должна идти о выборе компромиссных эколого-экономических решений, в комплексе дающих наименьшие издержки.

Литература

Бовтрамович Ф.Б. Изменение некоторых элементов режима грунтовых вод при осушении территорий // Конструкции и расчеты осушительно-увлажнительных систем. Мн., 1978. Вып. 3, С. 137–145.

Брусиловский Ш.И. Влияние осушения болот на водный режим прилегающих территорий // Мелиорация и использование осушенных земель. Мн., 1966. Т. 14. С. 124–134.

Децик Т.А., Зернов В.И., Мирошенко В.И. О влиянии осушения болот Белорусского Полесья на водный режим прилегающих лесных суходолов // Мелиорация и вод. хоз-во. Мн., 1975. № 8. С. 17–19.

Корчоха Ю.М. К вопросу об оценке воздействия мелиоративных мероприятий на природные комплексы // Мелиорация переувлажненных земель, Мн., 1996. Т. 43. С. 17–28.

Шебеко В.Ф. Влияние осушительных мелиораций на водный режим территорий. Мн., 1983.

И.А. ЕЛОВОЙ

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Возможности сбыта продукции определяются качеством товара и его ценой, а также объемами спроса и предложения. В условиях обострившейся конкуренции среди мер, с помощью которых можно обеспечить эффективность производства, следует выделить сокращение оборачиваемости оборотных средств за счет ускорения доставки продукции, времени хранения в складах на всех элементах логистической цепи.

Транспортно-технологические системы относятся к существенному фактору повышения экономической эффективности производства и сбыта. Координация материальных и информационных потоков дает возможность достигнуть значительного прогресса в деле рационализации этих сфер деятельности.

Эффективная логистическая транспортно-технологическая система с точки зрения получения прибыли должна обеспечивать ускорение движения материальных ресурсов и товаров, начиная от закупок сырья и материалов и кончая поставками готовых изделий потребителям, включая информационную систему. Она должна максимально удовлетворять всех участников логистической цепи. Существенное влияние на оборотный капитал транспортно-технологическая система оказывает через сокращение запасов сырья, полуфабрикатов, комплектующих и готовых изделий, так как уменьшает логистические издержки и соответственно позволяет увеличить долю продавца на рынке за счет снижения доли транспортной составляющей и повышения качества обслуживания потребителей.

Эффективная транспортно-технологическая система должна удовлетворять определенным требованиям. В противном случае могут возникнуть:

дополнительные логистические издержки, связанные с нарушением сроков доставки и необеспечением сохранности перевозимых грузов;

Иван Александрович ЕЛОВОЙ, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой управления грузовой и коммерческой работой Белорусского государственного университета транспорта.