



## Методология нормирования антропогенного воздействия на основе геоинформационной моделирующей системы

И.В. Антонов<sup>1</sup>, А.И. Шишкин<sup>2</sup>, А.Н. Чусов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров, 198095, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4.

<sup>2,3</sup>ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, 195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29.

Информация о статье	История	Ключевые слова
УДК 502.7.001.12	Подана в редакцию 31 января 2014 Оформлена 31 марта 2014 Согласована 31 марта 2014	наилучшая доступная технология (НДТ); геоинформационные системы (ГИС); природно-технический комплекс (ПТК); экологическое нормирование антропогенной нагрузки; технологическое нормирование антропогенной нагрузки;

### АННОТАЦИЯ

В статье предлагается методология нормирования антропогенной нагрузки на водные объекты с использованием моделирующего программного комплекса «ГИМС-река». Данный подход учитывает совершенство используемых технологий в основном производстве и очистных сооружений. Технологическая составляющая оценивается по ряду критериев на соответствие технологий наилучшим доступным технологиям (НДТ). Нормирование нагрузки от всех водопользователей рассматриваемого природно-территориального комплекса (ПТК) осуществляется таким образом, чтобы соблюдались нормативы качества воды в водных объектах бассейна, и состояние экосистемы не выходило за пределы устойчивого существования.

В качестве аппаратного обеспечения в работе описывается программный комплекс «ГИМС-река». Комплекс включает в себя три объединенных блока: информационный (база данных), геоинформационный (набор цифровых слоев с атрибутивной информацией) и моделирующий (набор моделей для расчета нагрузки и установления нормативов).

Предлагаемая методика и программный продукт апробированы на ПТК «Ладожское озеро - ОАО «Сясьский ЦБК». Также данный комплекс можно использовать и для проектируемых и строящихся объектов.

### Содержание

1. Введение	26
2. Литературный обзор	26
3. Цели работы	26
4. Методика нормирования	26
5. Апробация методологии	27
6. Заключение	29
English version	33

<sup>1</sup> Контактный автор:  
+7 (906) 254 4819, antonovivv@yandex.ru (Антонов Иван Владимирович, научный сотрудник)  
<sup>2</sup> +7 (921) 785 4804, aishishkin@yandex.ru (Шишкин Александр Ильич, к.т.н., профессор)  
<sup>3</sup> +7 (921) 940 0925, chusov17@mail.ru (Чусов Александр Николаевич, к.т.н., профессор, заведующий кафедрой "Гражданское строительство и прикладная экология")

## 1. Введение

В настоящее время в экологическом законодательстве Российской Федерации идет перестроение с экологического нормирования антропогенной нагрузки на элементы окружающей среды на технологическое нормирование и гармонизация системы с международными нормами, которая осуществляется путем поэтапного перехода на отраслевые нормативы воздействия, соответствующие наилучшим доступным технологиям (НДТ), с учетом технологического уровня производства, социального и финансового положения промышленных предприятий [1-3].

## 2. Литературный обзор

Анализируя подходы к управлению водными ресурсами можно выделить два подхода к нормированию сброса загрязняющих веществ, первый – "экологический", второй – "технологический" [4, 5].

В основе первого лежит установление допустимой массы сброса и концентрации загрязняющего вещества в водном объекте, которые не превышают экологически безопасные уровни. Второй основан на нормировании сброса сточных вод в зависимости от применения передовых технологий для конкретного типа производства. Основным критерий - соблюдение "Наилучших доступных технологий" (НДТ) [6-10].

В развитых странах все чаще используют комбинацию элементов этого и другого подхода. В оценке существующих технологий, с точки зрения их воздействия на окружающую среду, рассматривают развитие технологии основного цикла производства, технологий очистки [11-14].

Анализируя работы [15-18], в которых делались попытки развития подходов и алгоритмов для определения допустимой нагрузки, можно выделить ряд основных проблем и трудностей:

- нормирование подразумевает обработку больших объемов информации по характеристике водных бассейнов и предприятий-водопользователей;
- не осуществляется увязка технологического состояния производства и экологического состояния водных экосистем;
- не в полной мере используются средства имитационного моделирования и геоинформационные системы.

## 3. Цели работы

Обобщая результаты литературного обзора, в работе предлагается новый метод установления нормативов допустимого воздействия в водном бассейне, учитывающий совершенство технологии производства, экологическое состояние водной экосистемы и локализацию водопользователей, а также обосновывается конфигурация и функции геоинформационного моделирующего комплекса природно-технического комплекса (ПТК).

## 4. Методика нормирования

В статье представлен подход нормирования антропогенной нагрузки на водный объект, позволяющий увязать технологические и экологические нормативы. Данный подход реализован с применением программного комплекса «ГИМС-река» и интегрирует в себе использование геоинформационных систем (ГИС), цифровых моделей водных объектов, баз данных НДТ и приложений имитационного моделирования [19].

Комплекс позволяет интегрировано использовать географические информационные технологии (работа с пространственными данными средствами ArcGIS) и возможность работы с созданными базами данных [20-22]. Хранение и обработка информации может осуществляться во временном и пространственном режимах, при этом сама БД может быть ориентирована на различные технологии и виды производств. Широкое применение ГИС позволяет графически выделять участки природно-технического комплекса (ПТК) с различными показателями антропогенной нагрузки, ограничивая зоны влияния и зоны загрязнения от каждого предприятия-водопользователя с определением класса качества воды по гидрохимическому удельному комбинаторному индексу загрязнения (УКИЗВ) и другим гидрохимическим и гидробиологическим показателям и индексам.

Алгоритм нормирования нагрузки для группы водопользователей основывается на следующих положениях. Разрабатывается база данных всех элементов ПТК, которая основана на системе справочников с соответствующими названиями: вещества, бассейны, отрасли, предприятия ПТК, водовыпуски предприятий, измерения в водовыпусках, пункты контроля, измерения в пунктах контроля (фоновые створы). Первоначально в базе данных программы "ГИМС-река" содержится справочная информация по специфичным для основных видов целлюлозно-бумажных и ряда других производств веществам (ПДК, группы ЛПВ – лимитирующий показатель вредности, классы опасности (КО)). Реализованная в MS Access, база данных, включает всю информацию о каждом водопользователе и водном объекте в целом, необходимую для моделирования распространения загрязняющих веществ, распределения нагрузки, с учетом технических показателей предприятий-водопользователей, установления зон загрязнения и влияния сточных вод каждого водовыпуска отдельно и суммарного воздействия в рамках рассматриваемого ПТК.

В справочниках дополнительно выделяется информация о технологиях основных и вспомогательных производств, а также степени соответствия наилучшим доступным технологиям. В справочнике выделена отдельная таблица, в которой содержатся требования, предъявляемые к технологиям производства ЦБП по выпуску целлюлозы и продуктов её переработки. Она включает нормативы на водопотребление и образование загрязняющих веществ на единицу выпускаемой продукции [23-25].

Первоначально в «ГИМС-река» определяются границы бассейна исследуемого ПТК. Дальнейшее районирование речного бассейна производится на основе комплекса природных, антропогенных, эколого-территориальных параметров и лимитирующих факторов. В итоге основное русло бассейна представляется набором участков водотока, идущих один за другим, с достаточно однородными гидрологическими параметрами и характеристиками.

По результатам районирования бассейна в рамках ПТК осуществляется создание базы геоданных гидрологической сети и участков основного русла с помощью геоинформационного блока разработанного программы.

Для речного бассейна или участка водного объекта в рамках ПТК, для которого ставится задача нормирования допустимых сбросов от всех водопользователей, создаются следующие основные слои: слой «Модели водных объектов», содержащий участки водных объектов с однородными морфологическими и гидрологическими характеристиками, слои «Реки», «Озера», «Предприятия», «Водовыпуски», «Фоновые створы», «Населенные пункты», слои с элементами ландшафта, наиболее уязвимые объекты (водозаборы, места рекреации и т.п.).

Слой «Предприятия» позволяет вводить в алгоритм расчетов нормативов на сброс технологическую составляющую. Критериями могут служить удельные расходы воды на отдельные технологические процессы, рациональность использования воды, удельные величины образования загрязняющих веществ на единицу выпускаемой продукции и др.

Моделирующий комплекс позволяет в ходе численного эксперимента распределять нагрузку между водопользователями с учетом региональных особенностей водного объекта и его ассимилирующей емкости, а также технико-экономических характеристик основных и вспомогательных производств и систем очистки каждого предприятия [26].

## 5. Апробация методологии

Данная методология была реализована для природно-территориального комплекса (ПТК) «Ладожское озеро - ОАО «Сясьский ЦБК». Выбор объекта обусловлен значительными негативными изменениями водной экосистемы ПТК в результате многолетнего антропогенного воздействия как на водные объекты, так и на территории их водосборов [27].

Рассматриваемое предприятие ЦБК ОАО «Сясьский ЦБК» расположено в г. Сясьстрой Волховского района Ленинградской области в водосборе рек Сясь и Валгома и на расстоянии 4 км от Ладожского озера.

Данное предприятие является градообразующим, многопрофильным и занимается переработкой хвойной и лиственной древесины в целлюлозу, выпуском бумажной продукции, а также осуществляет переработку жестких отходов производства с получением кормовых дрожжей и товарных лигносульфонатов.

Общесплавной выпуск сточных вод от предприятия после биологических очистных сооружений осуществляется через распределенный береговой выпуск № 1 в Волховскую губу Ладожского озера. Перенос загрязняющих веществ идет вдоль восточного берега в направлении с юго-запада на северо-восток под действием преобладающих течений в данном районе озера.

Созданная база данных на ГИС основе для ПТК «Ладожское озеро - ОАО «Сясьский ЦБК» содержит информацию о:

- Предприятию-водопользователю;
- Исследуемом участке Ладожского озера, р. Сясь;
- Фоновых створах;
- Водовыпусках, осуществляющих сброс промышленных и ливневых сточных вод (статистическая отчетность предприятия по форме 2ТП-водхоз);
- Характеристика технологии производства целлюлозы и продуктов ее переработки с детальной оценкой источников образования и состава сточных вод, а также коэффициентами трансформации специфических показателей;
- Характеристика ливневых и хозяйственно-бытовых сточных вод с коэффициентами трансформации лимитирующих показателей.

В качестве топографической основы района расположения ПТК ОАО «Сясьский ЦБК» были использованы карты масштаба 1:50000, позволяющие отображать крупные подразделения предприятия, водовыпуски и другие элементы.

На основе информации о предприятии и справочников НДТ, содержащихся в базе данных «ГИМС-река» было оценено соответствие технологии предприятия с НДТ, рекомендованными Хельсинской комиссией для предприятий ЦБП и требованиями Европейского союза [28, 29, 30]. В таблице 1 приведены основные требования и соответствие технологии ОАО "Сясьский ЦБК" этим критериям.

**Таблица 1. Сравнение требований ХЕЛКОМ с действующей технологией на ОАО "Сясьский ЦБК"**

Требования	Ситуация на предприятии
Сухая окорка с минимальным сбросом сточных вод	Сухая окорка не используется
Закрытая очистка	Сортирование и очистка целлюлозы производится в замкнутом цикле оборота воды с частичной подпиткой в соотношении оборотная вода / свежая - 86% / 14%
Отсутствие сбросов при варке на натриевом основании от процесса отбелки	Неприменимо для технологии сульфитной варки
При варке на натриевом основании частично замкнутое отбельное производство	Отбелка целлюлозы производится в частично замкнутом водопотреблении в соотношении оборотная / свежая - 30% / 70%
Использовать, по возможности, в производстве химикаты, безвредные для окружающей среды	При отбелке используется молекулярный хлор
Системы, которые позволяют утилизировать почти полностью органические вещества, растворенные в щелоче (U <sup>***</sup> ) - регенерация щелочей должна достигать 98%	Неприменимо для технологии сульфитной варки
По крайней мере, двухступенчатая очистка сбрасываемых сточных вод	Очистка производственных стоков производится в две ступени на сооружениях механической и биологической очистки
Нейтрализация слабых щелочей перед выпариванием, с последующим повторным использованием значительной части конденсатов в производстве	Неприменимо для технологии сульфитной варки

При существующей технологии нагрузка на экосистему Ладожского озера приведена в таблице 2.

В Волховской губе наблюдается превышение ПДК по следующим ингредиентам: азот общий (в 7 раз), алюминий (6), БПК<sub>полн</sub> (1,2), железо общее (6), лигносульфонаты (28), марганец (5), фенолы (2), ХПК (3).

Моделирование антропогенной нагрузки показывает, что в процессе функционирования предприятия концентрации этих загрязняющих веществ в контрольном створе Волховской губы повышаются от 1 до 16 % относительно значений в точке, расположенной на расстоянии 2000 м от выпуска вглубь озера.

**Таблица 2. Нагрузка на экосистему Ладожского озера**

Вещество	ПДК	Сст	Смак кс	Смак кс /ПДК
<i>расход сточных вод 18,29 млн м<sup>3</sup>/год</i>				
Азот аммонийный	0,4	0,4	0,31	0,77
Азот общий	0,4	6,1	2,94	7,35
БПК <sub>полн</sub>	3	21,3	4,34	1,44
Взвешенные вещества	5,99	20,3	6	1,001
Лигносульфонаты	2	265	58,8	29,4
Нефтепродукты	0,05	0,025	0,02	0,4
Сухой остаток	1000	827	116	0,12
Фенолы	0,001	0,002	0,002	2
Формальдегид	0,1	0,056	0,026	0,26
Фосфаты	0,2	0,22	0,05	0,25
Хлориды	300	72	11,1	0,037
ХПК	30	853	109,6	3,65

## 6. Заключение

Полученные результаты свидетельствуют о поступлении загрязняющих веществ из донных отложений, накопленных в процессе многолетнего функционирования комбината.

Еще в 80-е годы выделялась зона многолетних отложений опилок и других твердых отходов, имеющая ширину до 70 м и длину до 2 км вдоль берега. Также на основе космических снимков выявилась зона распространения загрязняющих веществ вдоль берега с шириной 2,5 км и длиной до 15 км. Об этом свидетельствуют и другие исследования Ладожского озера [31, 32]

Разработанный программный комплекс "ГИМС-река" реализует предлагаемый подход к нормированию допустимого воздействия на водный бассейн. Он позволяет производить всестороннюю обработку массивов данных по водным бассейнам и предприятиям-водопользователям. Комплекс имеет открытую структуру, в которую можно добавлять новые модели для оценки качества воды, расчета переноса и разбавления примесей и выбора приоритетных решений в технологии производства.

## Литература

1. Методические указания по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты. Утв. Приказом МПР России от 12 дек. 2007 №328, зарегистрированным в Минюсте РФ 23 янв. 2008 г., рег. №10974. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Анализ российской нормативно-правовой базы, затрагивающей вопросы внедрения наилучших доступных технологий – пробелы и противоречия [Электронный ресурс]. Промежуточный отчет в рамках Программы сотрудничества Россия-ЕС «Гармонизация экологических стандартов II». URL: [http://www.ippc-russia.org/public/cluster07/7-5\\_Analysis\\_Rus\\_leg\\_re\\_BAT-gaps\\_contradictions\\_RU.pdf](http://www.ippc-russia.org/public/cluster07/7-5_Analysis_Rus_leg_re_BAT-gaps_contradictions_RU.pdf) (дата обращения: 02.12.2013).
3. Зиберов В.Е. Когда в России появится «наилучшая существующая (доступная) технология»? // Водное хозяйство России. 2007. №6. С. 4-13.
4. Бегак М.В., Цветкова А.В. Современное природоохранное законодательство России и пути его сближения с законодательством стран Евросоюза [Электронный ресурс]. PapFor, СПб, 2008. - 1 CD-ROM.
5. Вылегжанина Е.Е., Савельева Л.В. и др. Управление водными ресурсами России : международно-правовые и законодательные механизмы. [под ред. А.Н. Вылегжанина.] М.: МГИМО, 2008. 200 с.
6. Акишин А.С. Экологическая политика зарубежных стран и России. Волгоград: ВолГУ, 2003. 228 с.
7. Григорьев Е.Г. Водные ресурсы России: проблемы и методы государственного регулирования. М.: Научный мир, 2007. 240 с.
8. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) / Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry. December 2001. 475 p. [Электронный ресурс]. URL: [http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/ppm\\_bref\\_1201.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/ppm_bref_1201.pdf) (дата обращения: 02.12.2013).
9. Шевчук А.В. Водное хозяйство: приоритеты в развитии // Водное хозяйство России. 2008. №1 С. 6-11.
10. Заслоновский В.Н., Шарапов Н.М. О региональных проблемах нормирования качества воды водных объектов // Материалы V Международного конгресса «Экватэк-2002. Вода: экология и технология». М., 2002. С. 12-16.
11. Kimmo Silvo, Timo Jouttijärvi, Matti Melanen Implications of regulation based on the IPPC directive – A review on the Finnish pulp and paper industry // Journal of Cleaner Production. 2009, №17. Pp 713-723
12. Pokhrel D., Viraraghavan T. Treatment of pulp and paper mill wastewater—a review // Science of The Total Environment. 2004. №333. Pp. 37-58
13. Popp D., Hafner T., Johnstone N. Environmental policy vs. public pressure: Innovation and diffusion of alternative bleaching technologies in the pulp industry // Research Policy. 2011. № 40. Pp. 1253-1268
14. Implementing stricter environmental regulation to enhance eco-efficiency and sustainability: a case study of Shandong Province’s pulp and paper industry, China / Yutao Wang, Jian Liu, Lars Hansson, Kai Zhang, Renqing Wang. // Journal of Cleaner Production. 2011, №19. Pp 303-310.
15. Курганович К.А. Зарубежный опыт нормирования вредных антропогенных воздействий на поверхностные водные объекты и его значение для России // Водные ресурсы и водопользование. Екатеринбург – Чита. РосНИИВХ, 2003. С. 141-147.
16. Курганович К.А., Шаликовский А.В. Принципы установления нормативов предельно допустимой антропогенной нагрузки и ее распределения // 8 Международный симпозиум «Чистая вода России – 2005». Екатеринбург, 2005. С. 54-55.
17. Епифанов А.В., Шишкин А.И. Интеграция экологического и технологического нормирования в системе «Предприятие ЦБП- водный объект» // Целлюлоза. Бумага. Картон. 2006. №8. С. 74-80
18. Чечевичкин А.В., Чечевичкин В.Н., Ватин Н.И. Особенности очистки воды из р. Вуокса в летний период // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 2. С. 23-26
19. Шишкин А.И., Антонов И.В., Епифанов А.В. Нормирование сброса сточных вод при производстве целлюлозы и продуктов ее переработки с применением ГИС технологий // Целлюлоза. Бумага. Картон. 2012. №1. С. 66-74

20. The development of a GIS methodology to assess the potential for water resource contamination due to new development in the 2012 Olympic Park site, London Original Research Article / Marchant A.P., Banks V.J., Royse K.R., Quigley S.P. // Computers & Geosciences. 2013, №51. Pp. 206-215.
21. Development of Water Management Modeling by using GIS in Chirchik River Basin, Uzbekistan / Hendra Pachri, Yasuhiro Mitani, Hiro Ikemi, Ibrahim Djamaluddin, Atsushi Morita // Procedia Earth and Planetary Science. 2013, №6. Pp. 169-176.
22. Gebbert S., Pebesma E. A temporal GIS for field based environmental modeling // Environmental Modelling & Software. 2014, № 53. Pp 1-12.
23. Боголицын К.Г., Соболева Т.В., Гусакова М.А. и др. Научные основы эколого-аналитического контроля промышленных сточных вод ЦБП. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 168 с.
24. Крючихин Е.Н., Николаева А.Н., Жильникова Н.А. Инновации в области сокращения сбросов ЦБП // Целлюлоза. Бумага. Картон. 2007. №4 С. 70-72.
25. Cheremisinoff N.P., Rosenfeld P.E. Handbook of Pollution Prevention and Cleaner Production Vol. 2: Best Practices in the Wood and Paper Industries. [Электронный ресурс]. William Andrew. 2010. 368 p.
26. Чусов А.Н. Эколого-экономическое обоснование природно-технических систем в гидроэнергетике // Региональная экология. 2004. № 1-2. С. 24-62.
27. Шишкин А.И., Антонов И.В., Епифанов А.В. Геоинформационная моделирующая система нормирования допустимых сбросов для целлюлозно-бумажных комплексов // Водное хозяйство России. 2011. №1. С. 66-80
28. Сборник рекомендаций Хельсинской комиссии: Справочно-методическое пособие. СПб.: Диалог, 2008. 712 с.
29. Pulp bleaching: principles and practice. Edited by C.W Dence and D.W. Reeve. TAPPI PRESS. Atlanta, Georgia, 1996. 42 p.
30. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board. July 2013. 899 p.
31. Multi-year satellite observations of Lake Ladoga's biogeochemical dynamics in relation to the lake's trophic status / Pozdnyakov D. V., Korosov A. A., Petrova N. A., Hartmut Grassl // Journal of Great Lakes Research. 2013, №39. Pp 34-45.
32. POPs and organic polysulfides in sediments of Lake Ladoga / Särkkä J., Hynynen J., Mäntykoski K., Herve S., Lahtiperä M., Paasivirta J. // Chemosphere, 2007. №67. Pp. 435-438.

## Methodology of rationing of admissible dumps on the basis of geoinformation modeling system

I.V. Antonov<sup>1</sup>, A.I. Shishkin<sup>2</sup>, A.N. Chusov<sup>3</sup>,

*Saint Petersburg State Technological University of Plant Polymers, 4 Ivana Chernykh st., St.Petersburg, 198095, Russia.*

*Saint-Petersburg State Polytechnical University, 29 Polytechnicheskaya st., St.Petersburg, 195251, Russia.*

### ARTICLE INFO

### Article history

Received 31 January 2014  
Received in revised form 31 March 2014  
Accepted 31 March 2014

### Keywords

best available technologies (BAT);  
geoinformation systems (GIS);  
natural and technical complex (NTC);  
ecological rationing of anthropogenous load;  
technological rationing of anthropogenous load;

### ABSTRACT

In article approach to rationing of anthropogenous load of water objects with application of the modeling program GIMS-river complex is described. The algorithm considers perfection of used technologies in the main production and treatment facilities. The technology is estimated on a number of criteria on compliance of the best available technology (BAT). Loading rationing from all water users of the considered natural and territorial complex (NTC) consists in observance of standards of quality of water in water objects.

As hardware in work the program GIMS-river complex is described. The complex includes three blocks: information (database), geoinformation (a set of digital layers with attributive information) and modeling (a set of models for calculation of loading and establishment of standards).

The offered technique and the software product are approved on PTK "The Ladoga lake - JSC Syassky Pulp and Paper Mill. Also this complex can be used for projected and being stood objects.

1

*Corresponding author:*

+7 (906) 254 4819, antonoviv@yandex.ru (Ivan Vladimirovich Antonov, Research Assistant)

2

+7 (921) 785 4804, aishishkin@yandex.ru (Aleksandr Ilyich Shishkin, Ph. D., Professor)

3

+7 (921) 940 0925, chusov17@mail.ru (Aleksandr Nikolayevich Chusov, Ph. D., Professor, Head of Department "Civil Engineering and Applied Ecology")



## 1. Introduction

Now in the ecological legislation of the Russian Federation there is an evolution from ecological rationing of anthropogenous load of environment elements on technological rationing and system harmonization with the international norms which is carried out by stage-by-stage transition to the industry standards of influence corresponding to the best available technologies (BAT), taking into account a technological level of production, a social and financial position of the industrial enterprises [1- 3].

## 2. Literature review

Generally, world experience of water resources management uses two approaches to rationing of dumping of the polluting substances, the first – "ecological", the second – "technological" [4, 5].

At the heart of the first definition admissible for water object of weight of dumping and concentration of polluting substances in the water object, not exceeding ecologically safe level lies. The second is based on rationing of dumping of sewage depending on possibility of application of advanced technologies for a concrete type of productions. The main criterion is compliance to "The best available technologies" (BAT) [6-10].

In the developed countries even more often use a combination of elements of that and other approach. At an assessment of existing technologies, from the point of view of their impact on environment, existing technologies of a basis cycle, the technologies applied after production, and also possibility of development of technologies in the priority directions are considered [11-14].

Analyzing works [15-18] in which attempts of development of approaches and algorithms for definition of a permissible load became, there are main problems and difficulties: rationing means processing bigger volumes of information on the characteristic of water basins and the enterprises water users; coordination of a technological condition of production and ecological condition of water ecosystems isn't carried out; means of imitating modeling and geoinformation systems aren't fully used.

## 3. Work purposes

Generalizing results of the literature review, in work the new method of establishment of standards of admissible influence in the water basin, considering perfection of the production technology, an ecological condition of a water ecosystem and localization of water users is offered, and also the configuration and functions of geoinformation modeling complex of the natural and technical complex (NTC) locates.

## 4. Rationing methodology

Approach of rationing of anthropogenous load of the water object, allowing to coordinate technological and ecological standards is presented in this article. This approach is realized with application of the program GIMS-river complex and integrates in itself use of geoinformation systems (GIS), digital models of water objects, the BAT databases and appendices of imitating modeling [19].

The complex allows integrated use geographical information technologies (work with spatial these means of ArcGIS) and possibility of work with the created databases [20, 21, 22]. Storage and information processing can be carried out in temporary and spatial modes, thus the DB can be focused on various technologies and types of productions. Broad application of GIS allows to allocate graphically natural and technical complex sites with various indicators of anthropogenous loading, limiting zones of influence and a pollution zone from each enterprise water user with definition of a class of quality of water on a hydrochemical specific combinatory index of pollution (HSCIP) and other hydrochemical and hydrobiological indicators and indexes.

The algorithm of rationing of loading for group of water users is based on the following provisions. The database of all NTC elements which is based on system of directories with the corresponding names are developed with appropriate names: substances, pools, branches, the NTC enterprises, water outlets of the enterprises, measurements in water outlets, points of control, measurement in control points (background alignments). Originally the database of the GIMS-river program contains reference information on specific to main types pulp-and-paper and some other productions to substances (to maximum concentration limit, LIH groups – a limiting indicator of harm, the danger classes (DC)). Realized in MS Access, the database, includes all information on each water user and water object as a whole, necessary for modeling of distribution of polluting substances, loading distribution, taking into account technical indicators of the enterprises water users, establishment of zones of pollution and influence of sewage of each water outlet separately and total influence within considered NTC.

In directories information on technologies of the main and auxiliary productions, and also degrees of compliance to the best available technologies is in addition allocated. In the directory the separate table which contains the demands made to production technologies of pulp and paper industry (PPI) on production of cellulose and products of its processing is allocated. It includes standards on water consumption and formation of polluting substances on products unit [23, 24, 25].

Originally in "GIMS-river" borders of the basin of studied NTC are defined. Further division into districts of the river basin is made on the basis of a complex of natural, anthropogenous, eco-territorial parameters and limiting factors. As a result the main course of the basin is represented a set of sites of the waterway going one by one, with rather uniform hydrological parameters and characteristics.

By results of basin division into districts within NTC creation of base of geodata of a hydrological network and sites of the main course by means of the geoinformation block developed programs is carried out.

For the river basin or a site of water object within NTC for which the task of rationing of admissible dumpings from all water users is set, the following main layers are created: layer of "Model of water objects", containing sites of water objects with uniform morphological and hydrological characteristics, layers of "River", "Lake", "Enterprise", "Water outlets", "Background alignments", "Settlements", layers with landscape elements, the most vulnerable objects (water intakes, recreation places, etc.).

The layer of "Enterprise" allows entering into algorithm of calculations of standards on dumping a technological component. As criteria specific expenses of water on separate technological processes, rationality of use of water, specific sizes of formation of polluting substances on products unit, etc. can serve.

The modeling complex allows distributing during numerical experiment loading between water users taking into account regional features of water object and its assimilating capacity, and also technical and economic characteristics of the main and auxiliary productions and systems of cleaning of each enterprise [26].

## 5. Methodology application

This methodology was realization for NTC "The Ladoga lake v JSC Syassky Pulp and Paper Mill. The choice of object is caused by considerable negative changes of a water ecosystem of NTC as a result of long-term anthropogenous impact both on water objects, and on territories of their reservoirs [27].

The considered pulp and paper Mill JSC Syassky Pulp and Paper Mill enterprise is located in Syasstroy of the Volkhov region of the Leningrad region in a reservoir of the rivers Syas and Valgom and at distance of 4 km from Lake Ladoga.

This enterprise is city-forming, versatile and is engaged in processing of coniferous and deciduous wood in cellulose, release of paper production, and also carries out processing of rigid production wastes with receiving fodder yeast and commodity Humic acid.

All-floatable production of sewage from the enterprise after biological treatment facilities is carried out through the distributed coastal water outlet No. 1 to the Volkhov Bay Lake Ladoga. Transfer of polluting substances goes along east coast in the direction from the southwest on the northeast under the influence of prevailing currents in this area of the lake.

The created database on GIS to a basis for NTC "The Ladoga Lake – JSC Syassky Pulp and Paper Mill contains information about:

- Enterprise water user;
- Studied site of Lake Ladoga, river Syas;
- Background alignments;
- The water outlets which are carrying out dumping of industrial and storm sewage (the statistical reporting of the enterprise for a form 2TP-vodkhoz);
- The characteristic of the production technology of cellulose and products of its processing with a detailed assessment of sources of education and composition of sewage, and also coefficients of transformation of specific indicators;
- The characteristic of storm and economic and household sewage with coefficients of transformation of limiting indicators.

As a topographical basis of the region of an arrangement of NTC JSC Syassky Pulp and Paper Mill the scale 1:50000 cards, allowing to display large divisions of the enterprise, water outlets and other elements were used.

On the basis of information on the enterprise and directories of BAT containing in the GIMS-river database compliance of technology of the enterprise with BAT recommended by the Helsinki commission for the PPI and European Commission [28-30] enterprises was estimated. The main requirements and compliance of technology of JSC Syassky Pulp and Paper Mill to these criteria are provided in table 1.

**Table 1. Comparison of requirements of HELKOM with operating technology on JSC Syassky Pulp and Paper Mill**

Requirements	The Situation at the enterprise
Dry debarkings with the minimum dumping of sewage.	The dry debarkings isn't used.
The closed cleaning.	Sorting and purification of cellulose is made in the closed turnover cycle of water with partial feed in the ratio reverse water / the fresh - 86% / 14%
Lack of dumpings when cooking on the sodium basis from bleaching process	It is inapplicable for technology of sulphitic pulping
When pulping on the sodium basis partially closed bleaching production	The bleaching of cellulose is made in partially closed water consumption in the ratio the reverse / fresh - 30% / 70%
To use, whenever possible, in production the chemicals harmless to environment	At a bleaching molecular chlorine is used
Systems which allow to utilize almost completely organic substances dissolved in lye (U ***) - regeneration of lye has to reach 98%.	It is inapplicable for technology of sulphitic pulping
At least, two-level purification of dumped sewage.	Cleaning of production drains is made in two steps on constructions of mechanical and biological cleaning.
Neutralization of weak lye before evaporation, with the subsequent reuse of considerable part of condensates in production	It is inapplicable for technology of sulphitic pulping

At existing technologists load of an ecosystem of Lake Ladoga is given in table 2.

In the Volkhov lip maximum concentration limit excess on the following ingredients is observed: nitrogen the general (by 7 times), aluminum (6), BPK (1,2), iron the general (6), Humic acid (28), manganese (5), phenols (2), HPK (3).

Modeling of anthropogenous loading shows that in the course of functioning of the enterprise of concentration of these polluting substances in a control alignment of the Volkhov lip raise from 1 to 16% concerning values in a point located at distance of 2000 m from release deep into of the lake.

**Table 2 Load of an ecosystem of Lake Ladoga**

Substance	MPC	Сст	Сmax	Сmax / MPC
<i>consumption of sewage 18,29 million m<sup>3</sup>/ year</i>				
Nitrogen ammoniyny	0,4	0,4	0,31	0,77
Nitrogen the general	0,4	6,1	2,94	7,35
BPK	3	21,3	4,34	1,44
The weighed substances	5,99	20,3	6	1,001
Humic acid	2	265	58,8	29,4
Mineral oil	0,05	0,025	0,02	0,4
Dry rest	1000	827	116	0,12
Phenols	0,001	0,002	0,002	2
Formaldehyde	0,1	0,056	0,026	0,26
Phosphate	0,2	0,22	0,05	0,25
Chloride	300	72	11,1	0,037
HPK	30	853	109,6	3,65

## 6. Conclusions

The results indicate receipt of polluting substances from the ground deposits which have been saved up in the course of long-term functioning of combine.

In the 80<sup>th</sup> years the zone of long-term deposits of sawdust and other solid waste, having width to 70 m and length to 2 km along the coast was allocated. Also on the basis of space pictures the zone of distribution of polluting substances along the coast with a width of 2,5 km and up to 15 km long came to light. Other researches of Lake Ladoga testify to it also [31, 32].

The developed program GIMS-river realizes offered approach to rationing of admissible dumps on the water basin. He allows making comprehensive processing of data files on water to basins and the enterprises water users. The complex has open structure in which it is possible to add new models for an assessment of quality of water, calculation of transfer and dilution of impurity and a choice of priority decisions in the production technology.

### References

1. Metodicheskiye ukazaniya po razrabotke normativov dopustimogo vozdeystviya na vodnyye obyekty. Utv. Prikazom MPR Rossii ot 12 dek. 2007 №328, zaregistririvannym v Minyuste RF 23 yanv. 2008 g., reg. №10974. Dostup iz sprav.-pravovoy sistemy «KonsultantPlyus» [Methodical instructions on development of standards of admissible impact on water objects. The order MPR of Russia from 12 Dec. 2007 No. 328, registered in Ministry of Justice of the Russian Federation of 23 January. 2008, per. No. 10974 Access from legal-reference ConsultantPlus system] (rus)
2. The analysis of the Russian standard and legal base raising the questions of introduction of the best available technologies – gaps and contradictions [web source] the Interim report within the cooperation Program Russia EU "Harmonization of environmental standards by II". URL: [http://www.ippc-russia.org/public/cluster07/7-5\\_Analysis\\_Rus\\_leg\\_re\\_BAT-gaps\\_contradictions\\_RU.pdf](http://www.ippc-russia.org/public/cluster07/7-5_Analysis_Rus_leg_re_BAT-gaps_contradictions_RU.pdf) (date of reference: 02.12.2013). (rus)
3. Ziberov V.Y. When in Russia there will be "the best existing (available) technology"? // Water Sector of Russia. 2007. №6. Pp. 4-13. (rus)
4. Begak M.V., Tsvetkova A.V. Sovremennoye prirodookhrannoye zakonodatelstvo Rossii i puti yego sblizheniya s zakonodatelstvom stran Yevrosoyuza [The modern nature protection legislation of Russia and way of its rapprochement with the legislation of the European Union countries] [electronic source]. PapFor, St. Petersburg, 2008. - 1 CD-ROM. (rus)
5. Vylegzhanina Ye.Ye., Savelyeva L.V. et.al. Upravleniye vodnymi resursami Rossii : mezhdunarodno-pravovyye i zakonodatelnyye mekhanizmy [Water resources management of Russia: international legal and legislative mechanisms]. [edition of A.N. Vylegzhanina.] M.: MGIMO, 2008. 200 p. (rus)
6. Akishin A.S. Ekologicheskaya politika zarubezhnykh stran i Rossii [Ecological policy of foreign countries and Russia: settlement of Volgograd]. Volgograd: VolGU, 2003. 228 p. (rus)
7. Grigoryev Ye.G. Vodnyye resursy Rossii: problemy i metody gosudarstvennogo regulirovaniya [Water resources of Russia: problems and methods of state regulation]. M.: Nauchnyy mir, 2007. 240 p. (rus)
8. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) / Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry. December 2001. 475 p. [web source]. URL: [http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/ppm\\_bref\\_1201.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/ppm_bref_1201.pdf) (date of reference: 02.12.2013).
9. Shevchuk A.V. Water Sector: Priorities of Development // Water Sector of Russia. 2008. №1 Pp. 6-11. (rus)
10. Zaslouonovskiy V.N., Sharapov N.M. O regionalnykh problemakh normirovaniya kachestva vody vodnykh obyektoy [About regional problems of rationing of quality of water of water objectsю proceedings of the International congress "Ekwatech-2002. Water: ecology and technology"] // Materialy V Mezhdunarodnogo kongressa «Ekvatek-2002. Voda: ekologiya i tekhnologiya». Pp. 12-16. (rus)
11. Kimmo Silvo, Timo Jouttijärvi, Matti Melanen Implications of regulation based on the IPPC directive – A review on the Finnish pulp and paper industry // Journal of Cleaner Production. 2009. №17. Pp. 713-723
12. Pokhrel D., Viraraghavan T. Treatment of pulp and paper mill wastewater—a review // Science of The Total Environment. 2004. №333. Pp. 37-58
13. Popp D., Hafner T., Johnstone N. Environmental policy vs. public pressure: Innovation and diffusion of alternative bleaching technologies in the pulp industry // Research Policy. 2011. № 40. Pp. 1253-1268

14. Implementing stricter environmental regulation to enhance eco-efficiency and sustainability: a case study of Shandong Province's pulp and paper industry, China / Yutao Wang, Jian Liu, Lars Hansson, Kai Zhang, Renqing Wang. // *Journal of Cleaner Production*. 2011, №19. Pp 303-310.
15. Kurganovich K.A. Zarubezhnyy opyt normirovaniya vrednykh antropogennykh vozdeystviy na poverkhnostnyye vodnyye obyekty i yego znacheniye dlya Rossii [Foreign experience of rationing of harmful anthropogenous effects on superficial water objects and its value for Russia] // *Vodnyye resursy i vodopolzovaniye*. Yekaterinburg – Chita. RosNIIVKh, 2003. Pp. 141-147. (rus)
16. Kurganovich K.A., Shalikovskiy A.V. Printsipy ustanovleniya normativov predelno dopustimoy antropogennoy nagruzki i yeye raspredeleniya [Printsipy of establishment of standards of maximum permissible anthropogenous loading and its distribution] // 8 *Mezhdunarodnyy simpozium «Chistaya voda Rossii – 2005»*. Yekaterinburg, 2005. Pp. 54-55. (rus)
17. Yepifanov A.V., Shishkin A.I. Integratsiya ekologicheskogo i tekhnologicheskogo normirovaniya v sisteme «Predpriyatiye TsBP- vodnyy obyekт» [Integration of ecological and technological rationing in "Enterprise PPM-Water Object" system] // *Tsellyuloza. Bumaga. Karton*. 2006. №8. Pp. 74-80 (rus)
18. Chechevichkin A.V., Chechevichkin V. N., Vatin N. I. Features of water purification from Vuoksa river during the summer period // *Magazine of Civil Engineering*. 2010. № 2. Pp. 23-26 (rus)
19. Shishkin A.I., Antonov I.V., Yepifanov A.V. Normirovaniye sbrosa stochnykh vod pri proizvodstve tsellyulozy i produktov yeye pererabotki s primeneniym GIS tekhnologiy [Normirovaniye of dumping of sewage by production of cellulose and products of its processing with application of GIS of technologies] // *Tsellyuloza. Bumaga. Karton*. 2012. №1. Pp. 66-74 (rus)
20. The development of a GIS methodology to assess the potential for water resource contamination due to new development in the 2012 Olympic Park site, London Original Research Article / Marchant A.P., Banks V.J., Royse K.R., Quigley S.P. // *Computers & Geosciences*. 2013. №51. Pp. 206-215.
21. Development of Water Management Modeling by using GIS in Chirchik River Basin, Uzbekistan / Hendra Pachri, Yasuhiro Mitani, Hiro Ikemi, Ibrahim Djamaluddin, Atsushi Morita // *Procedia Earth and Planetary Science*. 2013. №6. Pp. 169-176.
22. Gebbert S., Pebesma E. A temporal GIS for field based environmental modeling // *Environmental Modelling & Software*. 2014. № 53. Pp 1-12.
23. Bogolitsyn K.G., Soboleva T.V., Gusakova M.A. et. al. Nauchnyye osnovy ekologo-analiticheskogo kontrolya promyshlennykh stochnykh vod TsBP. [Scientific bases of eco-analytical control of the PPI industrial sewage]. Yekaterinburg: UrO RAN, 2010. 168 p. (rus)
24. Ryuchikhin Ye.N., Nikolayeva A.N., Zhilnikova N.A. Innovatsii v oblasti sokrashcheniya sbrosov TsBP [Innovations in the field of reduction of dumpings of PPI] // *Tsellyuloza. Bumaga. Karton*. 2007. №4. Pp. 70-72. (rus)
25. Cheremisinoff N.P., Rosenfeld P.E. Handbook of Pollution Prevention and Cleaner Production Vol. 2: Best Practices in the Wood and Paper Industries. William Andrew. 2010. 368 p.
26. Chusov A.N. Ecological-economic substantiation of natural-technical systems in hydro-power engineering // *Regional ecology*. 2004. № 1-2. Pp. 24-62. (rus)
27. Shishkin A.I., Antonov I.V., Yepifanov A.V. Geo/information Modelling System for Norm Setting of Permissible Discharges for Pulp-and-Paper Mills // *Water Sector of Russia*. 2011. №1. Pp. 66-80. (rus)
28. Sbornik rekomendatsiy Khelsinskoy komissii: Spravochno-metodicheskoye posobiye [Collection of recommendations of the Helsinki commission: Reference grant]. SPb.: Dialog, 2008. 712 p. (rus)
29. Pulp bleaching: principles and practice. Edited by C.W Dence and D.W. Reeve. TAPPI PRESS. Atlanta, Georgia, 1996. 42 p.
30. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board. July 2013. 899 p.
31. Multi-year satellite observations of Lake Ladoga's biogeochemical dynamics in relation to the lake's trophic status / Pozdnyakov D. V., Korosov A. A., Petrova N. A., Hartmut Grassl // *Journal of Great Lakes Research*. 2013, №39. Pp 34-45.
32. POPs and organic polysulfides in sediments of Lake Ladoga / Särkkä J., Hynynen J., Mäntykoski K., Herve S., Lahtiperä M., Paasivirta J. // *Chemosphere*, 2007. №67. Pp. 435-438.