

УДК 556.18: 626/628

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ПОДТОПЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ В ЗОНАХ ВЛИЯНИЯ
РЕЧНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧИСЛЕННЫХ МОДЕЛЕЙ
(на примере г.Дзержинска Нижегородской области)**

Людмила Геннадьевна Лукьянчикова

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-
исследовательский институт гидрогеологии и инженерной геологии (ФГУП
«ВСЕГИНГЕО»)

ll-mailbox@mail.ru

Владимир Федорович Орехов

Экологическая автономная некоммерческая организация «ВЬЮНИЦА» (ЭАНО
«Вьюница»)

vfo2vfo@gmail.com

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: водные ресурсы, подземные воды, речной сток, опасные геологические процессы, численная гидрогеологическая модель.

***Аннотация.** В статье представлены результаты работ ФГУП «ВСЕГИНГЕО» по оценке воздействий режима водопользования на состояние подземных водных объектов и развитие опасных геологических процессов в границах интенсивно освоенных территорий. Исследования проводились с использованием имитационной постоянно действующей численной гидрогеологической модели. Оценены последствия повышения уровня в реке Оке при подъеме уровня воды в Чебоксарском водохранилище до проектной отметки 68 м. Оценены масштабы истощения водного стока реки Оки при разных проектных отметках искусственного повышения уровня воды в реке. Оценено влияние дноуглубительных работ на величину пополнения стока реки за счет подземных вод.*

**DETERMINATION OF THE UNDERFLOODING AREAS BOUNDARIES IN ZONES OF
THE INFLUENCE OF RIVER- WATER STORAGE RESERVOIRS USING NUMERICAL
MODELS**

(on the example of Dzerzhinsk Town, Nizhegorodsk Region)

Lyudmila Gennadiyevna Lukiyanchikova

Federal State Unitary Enterprise "All-Russian Research Institute of Hydrogeology and
Engineering Geology" (FGUP "VSEGINGEO")

ll-mailbox@mail.ru

Vladimir Fedorovich Orekhov

Ecological Autonomous Non-Commercial Organization "VIYUNITSA" (EANO «Viyunitsa»)

vfo2vfo@gmail.com

KEY WORDS: water resources, water use regime, groundwater, river runoff, hazardous geological processes, numerical hydrogeological model

Abstract. The paper presents the results of the FGUP "VSEGINGEO" investigations aimed at assessing impacts of the water use regime upon the state of groundwater objects and development of hazardous geological processes within the intensively exploited areas. The investigations have been carried out with the use of the constantly functioning simulation numerical hydrogeological model of the Oka-Volga interfluvium. There were assessed the consequences of the water level increases in River Oka due to the water level rise in the Cheboksary water-storage reservoir up to the projected level of 68 m. Depletion of the Oka water flow was estimated at different projected water levels in the river. The impact of dredging works on the value of replenishment of the river flow at the expense of groundwater was estimated.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Прогноз и оценка последствий подтопления территорий в зонах влияния речных водохранилищ выполнялись по техническому заданию администрации г.Дзержинска во Всероссийском научно-исследовательском институте гидрогеологии и инженерной геологии (ФГУП «ВСЕГИНГЕО»).

Эколого-гидрогеологические исследования в рассматриваемом районе институт ВСЕГИНГЕО проводит с 80-х годов прошлого века. Первые работы под руководством профессора Гольдберга В.М. были связаны с изучением режима подземных вод в условиях интенсивного длительного воздействия на них хозяйственной деятельности. Под методическим руководством института ВСЕГИНГЕО в 80-е и 90-е годы в Дзержинском промрайоне был создан опытно-производственный полигон по изучению химического загрязнения подземных вод и проводился мониторинг состояния геологической среды и подземных вод с целью предупреждения и уменьшения негативного влияния химических предприятий г.Дзержинска на подземные источники питьевой воды.

В 2000 году для решения разноцелевых гидрогеологических задач в институте была разработана первая постоянно-действующая численная гидрогеологическая модель Окско-Волжского междуречья. С помощью модели прогнозировались изменения состояния подземных вод в Дзержинском промрайоне под влиянием различных факторов, оценивалось взаимодействие подземных вод с малыми реками, подсчитывались запасы подземных вод и разрабатывались водоохранные мероприятия. С 2000 по 2014 год специалисты ВСЕГИНГЕО выполняли работы по оценке запасов подземных вод на 6-ти участках муниципальных и ведомственных водозаборов г.Дзержинска. По результатам этих оценочных работ Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых (ФБУ «ГКЗ» Роснедра) на государственный учет и баланс принято более 140 тыс.м³/сут. питьевых и технических подземных вод по различным участкам Дзержинского месторождения.

Первая постоянно-действующая гидрогеологическая модель (ПДМ) ВСЕГИНГЕО для Дзержинского промрайона и прилегающих территорий имела масштаб 1: 50 000 с размером блоков сетки модели 500×500 м. Площадь оцениваемой территории составляла 900 км².

В 2015 году на базе первой ПДМ во ВСЕГИНГЕО разработана новая детализированная численная модель Окско-Волжского междуречья, в которую был включен участок реки Оки в пределах городского округа г.Дзержинска. Размер блока сетки новой модели составил 250×250 м. Площадь моделируемой территории более 1000 км². (Рис.1).

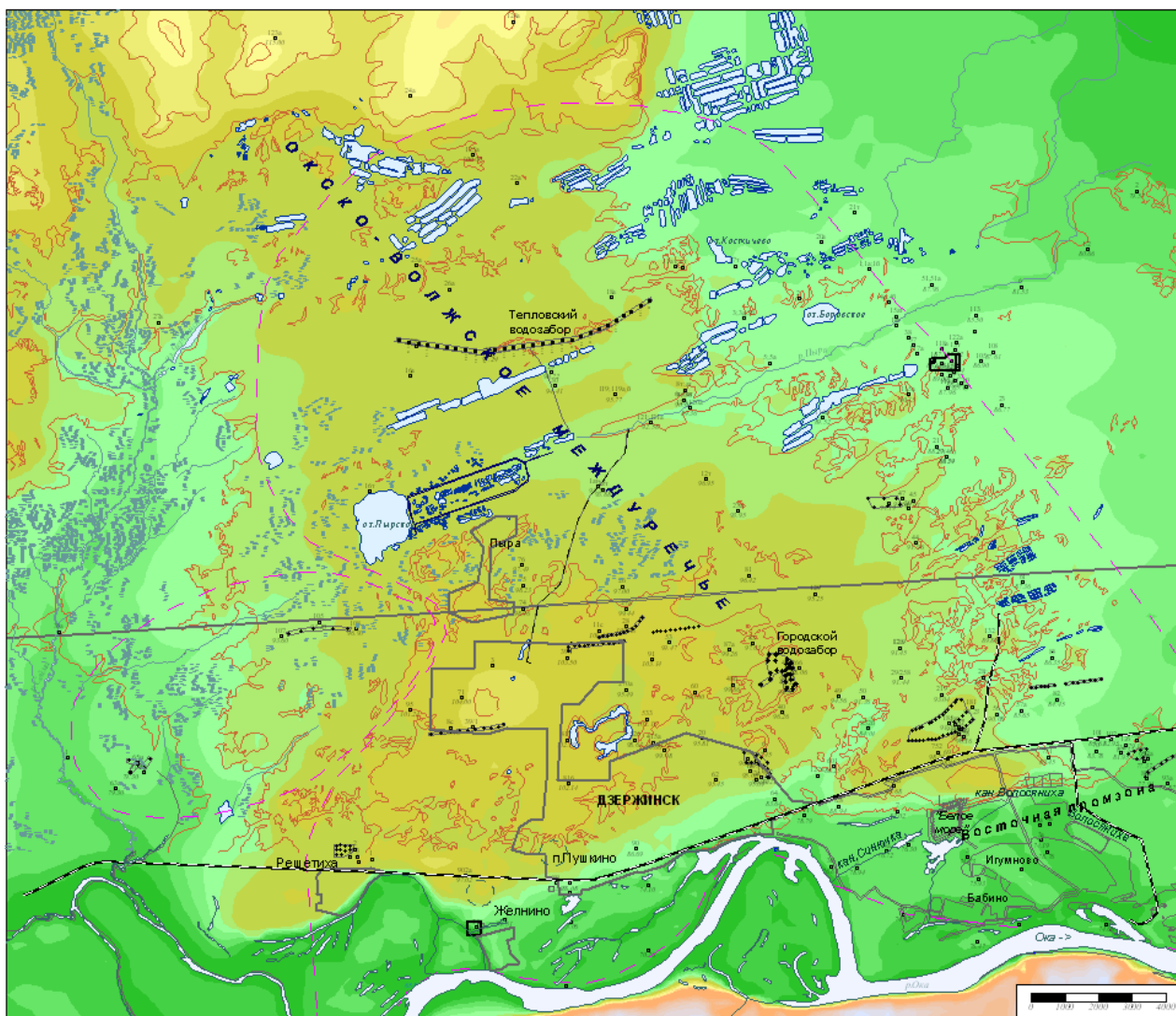


Рис.1 Обзорная схема моделируемой области

Целевым назначением модельных исследований 2015 года являлось определение границ зоны подтопления территорий и последствий подъема уровня в Оке под влиянием планируемого повышения уровня воды в Чебоксарском водохранилище до отметки 68 м.

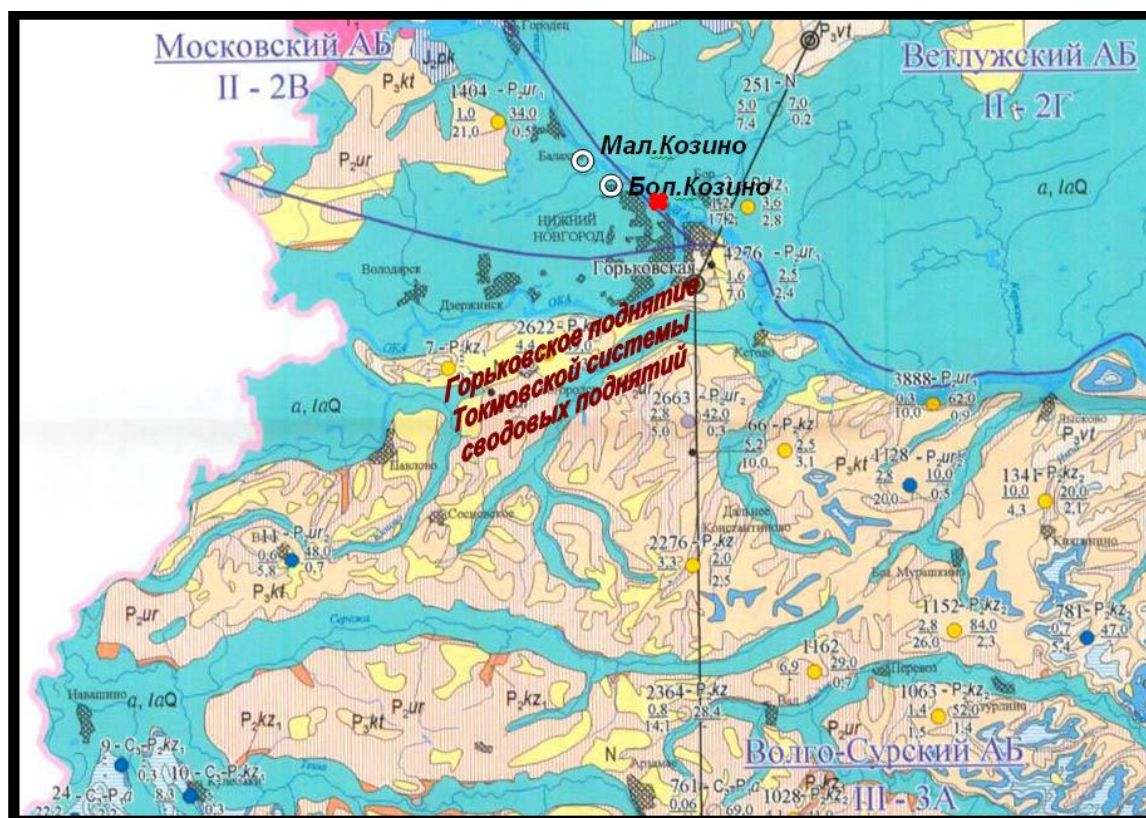
ГЕОЛОГО-ТЕКТОНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА

Активность опасных геологических процессов обусловлена особенностями строения геологической среды. В изучаемом районе геологические условия имеют ряд специфических отличий.

Зона активного водообмена образована здесь двумя водоносными горизонтами: горизонтом безнапорных пресных подземных вод в мощной толще четвертичных водно-ледниковых песков и горизонтом слабонапорных, солоноватых вод в закарстованных сульфатно-карбонатных породах казанской серии верхней перми. Из-за повышенной растворимости сульфатсодержащих минералов водовмещающие гипс-ангидритовые породы казанского горизонта и подстилающего водоупора разрушаются при воздействии на них пресных вод.

Изучаемый район характеризуется крайне напряженными тектоническими условиями. По территории Окско-Волжского междуречья проходит граница смыкания двух крупных тектонических структур: Горьковского поднятия Токмовской системы сводовых поднятий на юге и Московской синеклизы на севере. С сочленением этих крупных тектонических

структур связано сочленение 3-х региональных артезианских бассейнов I-го и II-го порядка: Московского на севере, Ветлужского на востоке и Волго-Сурского на юге (рис. 2).



Фрагмент «Современной гидрогеологической карты Волго-Сурского и Ветлужского артезианских бассейнов масштаба 1 : 1 000 000 с выявлением условий локализации питьевого подземных вод, различных по защищенности водоносных горизонтов и качеству вод». (Гордеева О.Л. и др., 2007 г.). Услов. обознач. см.рис.3

	- границы сочленения гидрогеологических структур 1-го и 2-го порядка
	- участок размещения проектируемого ННГУ

Рис. 2 Схема гидрогеологического районирования.

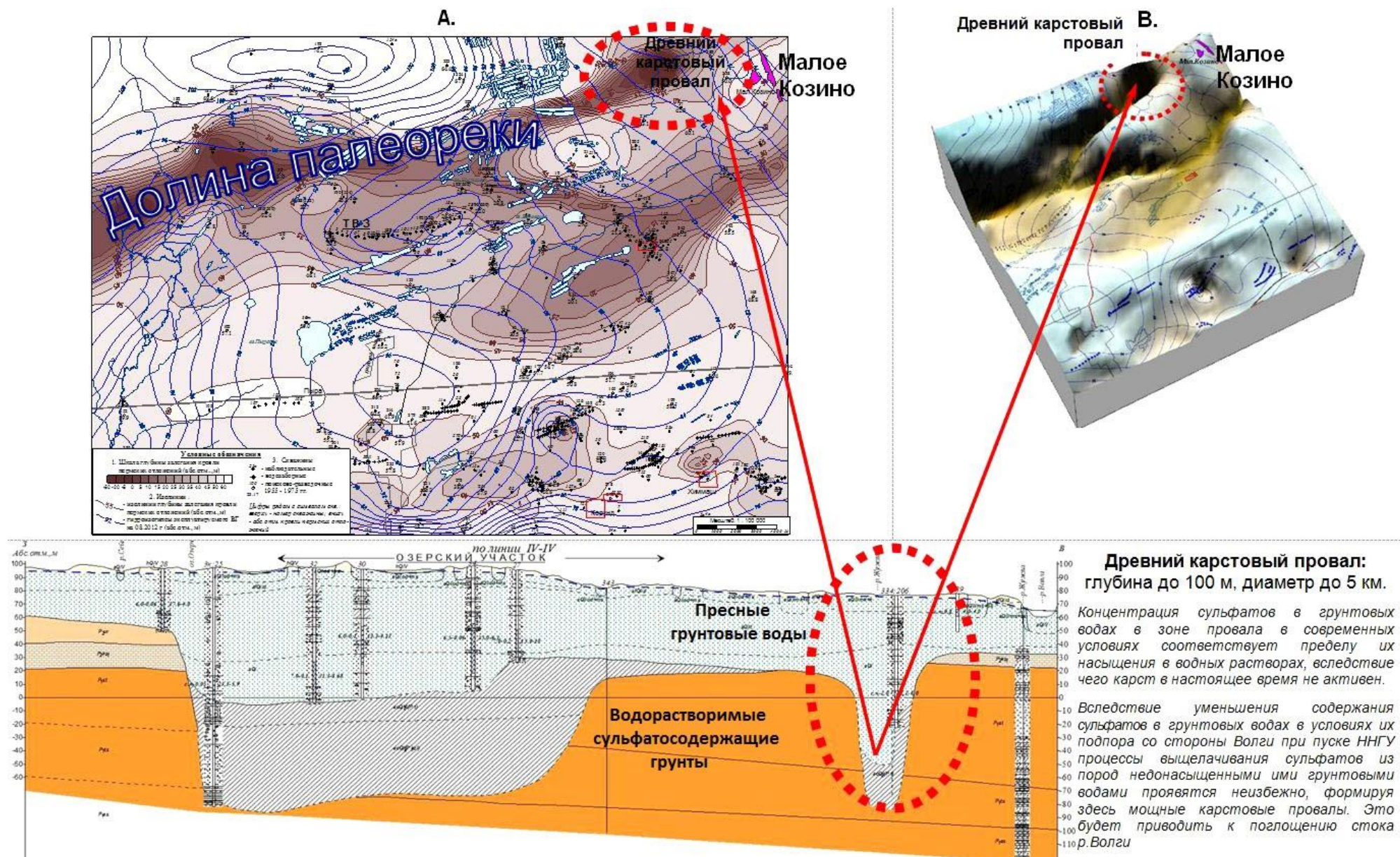


Рис. 3 Карта рельефа кровли коренных дочетвертичных отложений (А),
Геологический разрез вдоль русла долины палеореки (Б)
3D поверхность палеорельефа с участком древней карстовой котловины в зоне подпора проектируемого ННГУ (В)

Сложная морфология палеорельефа, которая хорошо видна на геологических картах и разрезах, свидетельствует об активном карстопроявлении на Окско-Волжском междуречье.

Всю территорию междуречья с запада на восток пересекает погребенная песками древняя речная долина, заложенная по одной из континентальных тектонически ослабленных зон. Русло палеодолины впадает в реку Волгу как раз в районе проектируемого в настоящее время низконапорного гидроузла.

На устьевом участке палеодолины существует аномально глубокая древняя карстовая котловина (рис. 3). Глубина котловины более 100 м, размер в плане 5×3 км. Образование аномального по размерам карстового провала свидетельствует о существовании в районе его расположения природных предпосылок развития карстовых процессов.

В современном рельефе эта геологическая аномалия маркируется хорошо выраженным в рельефе заболоченным понижением округлой формы. Его можно наблюдать и на спутниковых снимках (рис. 5).

Водорастворимые сульфатно-карбонатные породы в устьевой части палеодолины имеют прямой контакт с агрессивными по отношению к ним водами первого от поверхности грунтового водоносного горизонта

Карстовые процессы в районе проектируемого на Волге низконапорного гидроузла активны и в настоящее время. Об этом свидетельствует характерная провальная, карстовая форма устья реки Жужлы, совпадающего с устьем долины древней реки (рис.4).



Рис. 4 КАРСТОВЫЙ РАЗМЫВ УСТЬЯ РЕКИ ЖУЖЛЫ НА КОСМОСНИМКЕ

Приведенные на рисунках 2-4 данные являются прямым подтверждением того, что водохранилище низконапорной плотины в районе села Бол. Козино на Волге проектируется в неприемлемо неблагоприятных геолого-тектонических условиях: 1) водохранилище ННГУ будет размещено в шовной зоне сочленяющихся крупных тектонических и гидрогеологических структур и 2) в зоне контакта пресных подземных вод с водорастворимыми грунтами.

Современные карстовые провалы в устье р. Жужлы

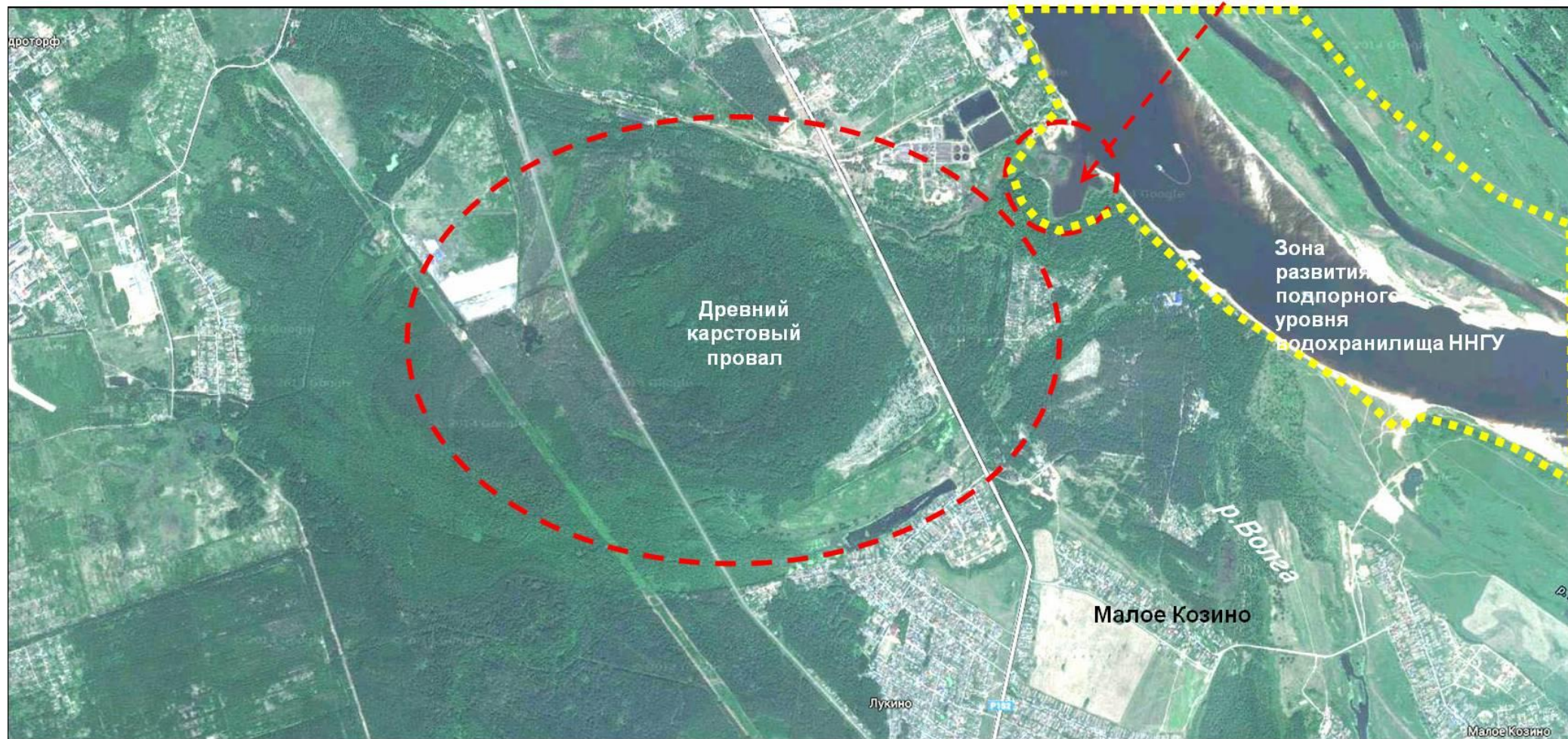


Рис. 5 **ДРЕВНИЙ КАРСТОВЫЙ ПРОВАЛ НА КОСМОСНИМКЕ**

МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ

Определение границ зоны подтопления территорий и прогнозы последствий подъема уровня в Оке под влиянием планируемого повышения уровня воды в Чебоксарском водохранилище до отметки 68 м производились на постоянно-действующей численной гидрогеологической модели, разработанной во ВСЕГИНГЕО с использованием программы Groundwater Vistas (GV). Модель эксплуатируется уже более 15 лет при решении различных прикладных задач.

Программные средства. GV - продукт Environmental Simulations Inc. (ESI), объединяет базовые программные пакеты ModFlow, ModPath, MT3D и др., широко применяемые в международной практике решения гидрогеологических задач: геофильтрационных, геомиграционных, балансовых.

Технология моделирования GV позволяет создавать объемную модель участка недр на основе вводимых в нее реальных поверхностей всех моделируемых слоев. Максимальная приближенность модели к геометрии реального объекта помогает формировать наиболее адекватные карты фильтрационных параметров водоносных и водоупорных слоев.

Площадь моделируемой территории ($35 \text{ км} \times 30 \text{ км}$) = 1050 км^2 . Шаг сетки модели $250 \times 250 \text{ м}$. Модель, как и ее природный аналог (участок недр), включает земную поверхность, зону аэрации, 2 водоносных горизонта (четвертичный и казанский) и 2 водоупора (разделяющий водоупор – толща глин нижеуржумского яруса, не выдержанный по площади и мощности, и подстилающий региональный водоупор – толща сакмарских гипс-ангидритовых отложений).

Для сохранения неразрывности течения воды, как по горизонтали, так и по вертикали, на модели все слои имеют неразрывную сплошность залегания, при этом в зонах фактического выклинивания слоя его мощность задается минимальным значением 2 мм. Шаг зонирования высотных отметок на модели принят равным 2 см, что позволяет с высокой степенью точности реконструировать поверхности рельефа моделируемых слоев. В процессе калибровки модели проводилась детальная реконструкция исходных морфоструктурных карт.

Геометрия Окско-Волжского междуречья связана с палеорельефом, морфология которого обусловлена степенью размыва толщ водорастворимых сульфатсодержащих пород пермского возраста, длительное геологическое время (миллионы лет) находившихся на дневной поверхности и подвергавшихся активному разрушению древними водными потоками и атмосферными осадками. Долины древних рек формировались по зонам наиболее ослабленных водорастворимых сульфатсодержащих пород. В относительно короткие в геологической истории ледниковые и межледниковые периоды времени древние речные долины были погребены водно-ледниковыми песками, под которыми мощные древние реки исчезли, превратившись в потоки подземных вод. (Не так интенсивно во времени, но также по форме происходит смыл с водоразделов песчано-глинистых осадков с суши в русла современных рек, приводя к их постепенному обмелению и исчезновению).

Граничные условия. Численная модель Окско-Волжского междуречья включает рельеф земной поверхности, 2 водоносных горизонта и 3 водоупора (1 - зона аэрации; 2 - слой татарских глин, разделяющих эксплуатируемые четвертичный грунтовый и казанский напорный водоносные горизонты и 3 - региональный водоупор – мощная гипс-ангидритовая толща сакмарского яруса нижней перми).

Шаг дискретизации $250 \times 250 \text{ м}$ позволил с необходимой детальностью отразить изменение параметров по площади. Исходные значения параметров (мощности, коэффициенты фильтрации и пр.) приняты на основании данных буровых, опытно-фильтрационных, лабораторных работ и режимных наблюдений, выполнявшихся в период разведки в 1973-76 гг., и в различные периоды работ по переоценке запасов подземных вод.

Верхней границей модели является рельеф земной поверхности с его реальными отметками поверхности. Тщательная реконструкция рельефа земной поверхности позволяет с высокой степенью достоверности прогнозировать и районировать зоны подтопления

земель при длительном повышении уровня подземных вод под влиянием подпора со стороны речных водохранилищ. Рельеф моделируется как виртуальный водоносный горизонт неразрывной сплошности и бесконечно малой мощности, обеспечивающий инфильтрационное питание безнапорного горизонта в песках четвертичного возраста. Этот виртуальный «водоносный» горизонт имеет постоянный напор воды, соответствующий отметкам земной поверхности. На реке Оке задавались фактические, а при прогнозах проектные уровни воды. Первый водный слой, питающий подземные воды, отделен от безнапорного грунтового горизонта на междуречьях - зоной аэрации, по рекам и водоемам - слоем подрусловых отложений. Через зону аэрации и слой подрусловых отложений происходит вертикальная фильтрация воды, как через водоупоры. Зона аэрации и слой подрусловых отложений характеризуются, как и водоупоры, параметром перетекания k_0/m_0 . То есть по всей площади модели с поверхности задается граничное условие 3-го рода: расход перетекания через эту границу, как и в природе, является функцией, зависящей от глубины залегания уровня грунтовых вод $Q=f(H)$.

Этот прием применяется в практике моделирования в основном у европейских гидрологов. При таком методическом подходе в процессе калибровки модели подбирается всего один неопределенный параметр “ k_0/m_0 ”, связывающий между собой 2 известных параметра: постоянный напор по рельефу и уровни поверхности грунтовых вод. В параметре перетекания через зону аэрации интегрально учтено результирующее влияние на величину расхода инфильтрационного питания разных факторов: испарения с водной поверхности, отбор грунтовых вод частными срубовыми колодцами и скважинами в сельских районах и прочие факторы, учесть которые не возможно (как, например, эвапотранспирация, величина которой не имеет статистически подтвержденных значений и при моделировании используется некоторыми специалистами в качестве некорректного приема устранения дисбаланса потоков подземных вод). При такой схематизации расход инфильтрационного питания на водораздельных площадях или разгрузки подземных вод в реки (озера) не задаются, а получаются из модели при балансовых расчетах.

На участках существенных понижений (повышений) уровня подземных вод значения k_0/m_0 корректировались посредством введения дополнительных поправочных коэффициентов с учетом изменений глубины залегания уровня подземных вод и изменений фильтрационных свойств пород в расширяющейся (или сокращающейся) зоне вертикальных перетоков вод.

Внешние границы. Моделируемая область с севера и запада обрезалась по линиям тока – гидравлически непроницаемым границам. На восточной границе происходит отток подземных вод к Волге – на этой границе задавалось условие второго рода. Водозаборы на модели задавались как границы 2-го рода $Q=const$; водоотбор соответствует современному расходу добычи подземных вод.

Фильтрационные свойства водоносного комплекса четвертичного безнапорного и пермского напорного горизонта по разрезу неоднородны. Большая часть разреза сложена разнородными, в верхней части – мелкозернистыми, глинистыми, песками. Коэффициент фильтрации песков по данным разведочных работ составляет 5-10 м/сут. В основании толщ - гравийно-галечниковые отложения, с характерным k_f до 20-30 м/сут.

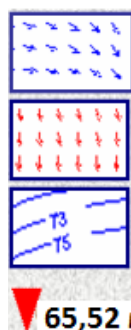
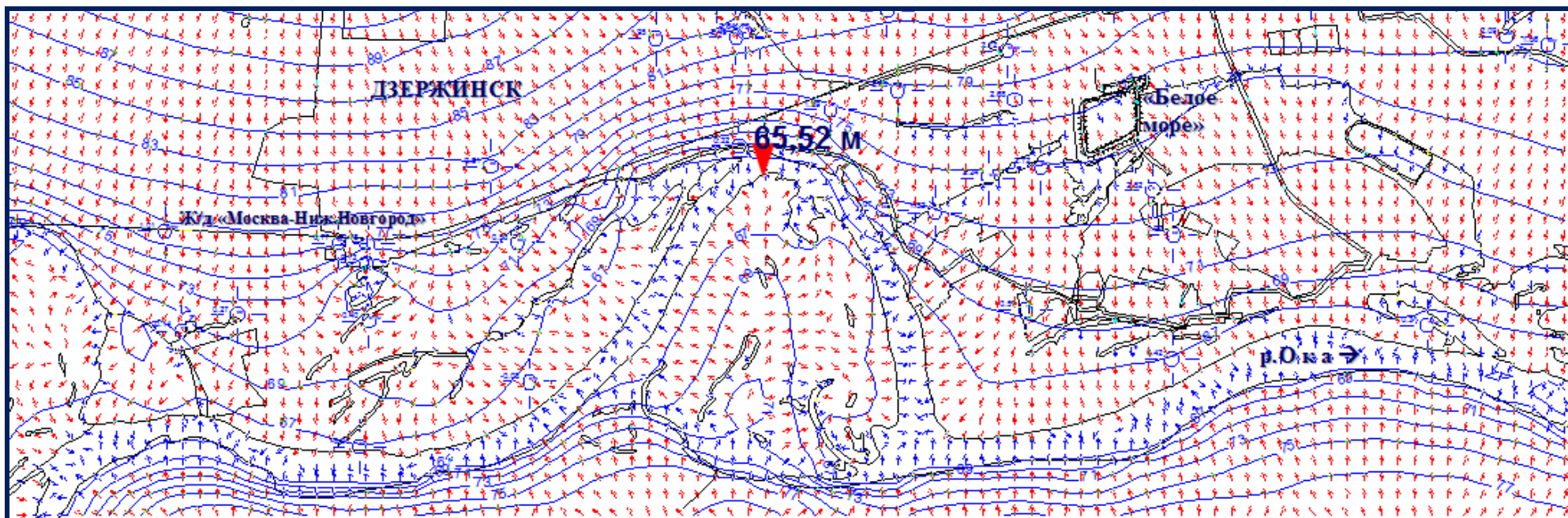
Проницаемость трещиноватых казанских известняков в среднем составляет 50 м/сут.

Ока. Рельеф земной поверхности береговой зоны р.Оки калибровался особенно тщательно с целью правильного отображения на модели уреза реки при разных уровнях воды в ней. Так как правильность калибровки модели заверялась мониторинговыми данными об уровнях подземных вод в летнюю межень (август месяц) по наблюдательным скважинам территории, то этому же периоду года соответствовали задаваемые на модели зарегулированные уровни воды в р. Оке на 3-х гидропостах: гидропост «Горбатов» (56-й км от устья р. Оки), гидропост «Дзержинск» (), гидропост «Новинки» (28-й км от устья р. Оки). Перепад уровня воды в р. Оке между крайними постами при современном гидрологическом режиме составляет 1,5 м.

Правильность задания параметров модели контролировалась по фактическим значениям уровня подземных вод в наблюдательных скважинах. Всего для калибровки модели и контроля достоверности расчетов использовано 374 пробуренные в районе в разные годы скважины различного назначения: поисковые, разведочные, эксплуатационные, мониторинговые.

Калибровка параметров модели производилась до совпадения расчетных и фактических значений уровня воды в контрольных узлах. По окончании калибровки невязка фактических и модельных значений уровней подземных вод не превышала 2 %, среднее значение невязки составляло доли %. Невязка баланса модели по расходам притока-оттока подземных вод составляла сотые доли процента и по модели в целом, и по отдельным ее слоям.

Адекватность модельной структуры потока подземных вод оценивалась также по модельным векторным картам направлений течения подземных вод. Участки питания, транзита и разгрузки подземных вод на расчетных картах отображаются векторами разного цвета, что позволяет оценивать совпадают ли участки разнонаправленного течения подземных вод на модели с такими же участками природного объекта. На модельной карте (рис.6) можно видеть, что расчетные траектории горизонтальных потоков подземных вод (красные векторы) совпадают с фактическим направлением потоков подземных вод на склонах террас. Также совпадают модельные и природные участки разгрузки подземных вод в реки, искусственные дренажные каналы, водоемы (синие векторы)



- векторы восходящей разгрузки подземных вод на земную поверхность, в реки, водоемы, болота

- векторы латеральных (горизонтальных) потоков подземных вод

- гидроизогипсы эксплуатируемого четвертичного водоносного горизонта (абс.отм. БС, м)

65,52 м - отметка уровня в Оке

Рис.6. Модельная карта гидроизогипс с векторами направления течения подземных вод

ПОСЛЕДСТВИЯ СОЗДАНИЯ РЕЧНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ

На примере городского округа г. Дзержинска с применением постоянно-действующей численной гидрогеологической модели выявлялись территории, в пределах которых при подъеме уровня воды в реке Оке при расширении мощности Чебоксарского водохранилища проявятся негативные последствия, и оценивались масштабы этих последствий.

Создание водохранилищ на равнинных реках *[на равнинных участках равнинных рек]* приводит к 3-м основным негативным последствиям:

- 1) подтоплению освоенных и перспективных для освоения территорий;
- 2) истощению стока рек;
- 3) активизации опасных геологических процессов в береговых зонах.

Негативные последствия подтопления территорий часто и много обсуждаются и в среде специалистов, и общественностью.

Одним из наиболее серьезных и практически никогда не оцениваемых отрицательных последствий создания водохранилищ на равнинных участках равнинных рек является **истощение стока реки как в границах зоны повышения уровня, так и ниже водохранилища по течению.**

Истощение водного стока равнинных рек при их перепруживании плотинами связано с сокращением расхода разгрузки в реки подземных вод из-за уменьшения уклона их потока к реке в зоне развития постоянного подпорного уровня.

Негативным последствием создания водохранилищ в районе средней Волги и нижней Оки является также угроза активизации здесь опасных геологических процессов (карстово-суффозионных и оползневых) в границах зоны повышения уровня речных и связанных с ними подземных вод. Опасные геологические процессы связаны с геолого-тектоническими условиями региона и напрямую зависят от активности проведения водохозяйственных мероприятий, таких как интенсификация либо резкое сокращение отбора подземных вод, а также нарушение водного стока рек, зарегулированного плотинами.

О существовании прямой зависимости активности карстовых процессов в Нижегородской области от техногенных нарушений гидрологического режима свидетельствует опыт водохозяйственной деятельности в городском округе г. Дзержинска. Причиной **активизации карста** в городском округе г. Дзержинска **послужило длительное повышение уровня пресных подземных вод** в эксплуатируемом четвертичном водоносном горизонте после сокращения в начале 80-х годов водоотбора из этого горизонта (рис. 7). При этом закономерно увеличилась мощность зоны пресных вод, перетекание которых в нижележащий горизонт карстовых вод в сульфатно-карбонатных породах казанской серии верхней перми привело к их распреснению. Раствор распресненных карстовых вод начал донасыщаться сульфатами, выщелачиваемыми из сульфатных пород. Подъем уровня подземных вод привел к целой серии карстовых провалов в городском округе г. Дзержинска. Самым масштабным, крупнейшим в Европе, с большими экономическими потерями явился карстовый провал цеха № 1 завода «Химмаш» в 1992 году (рис. 8).

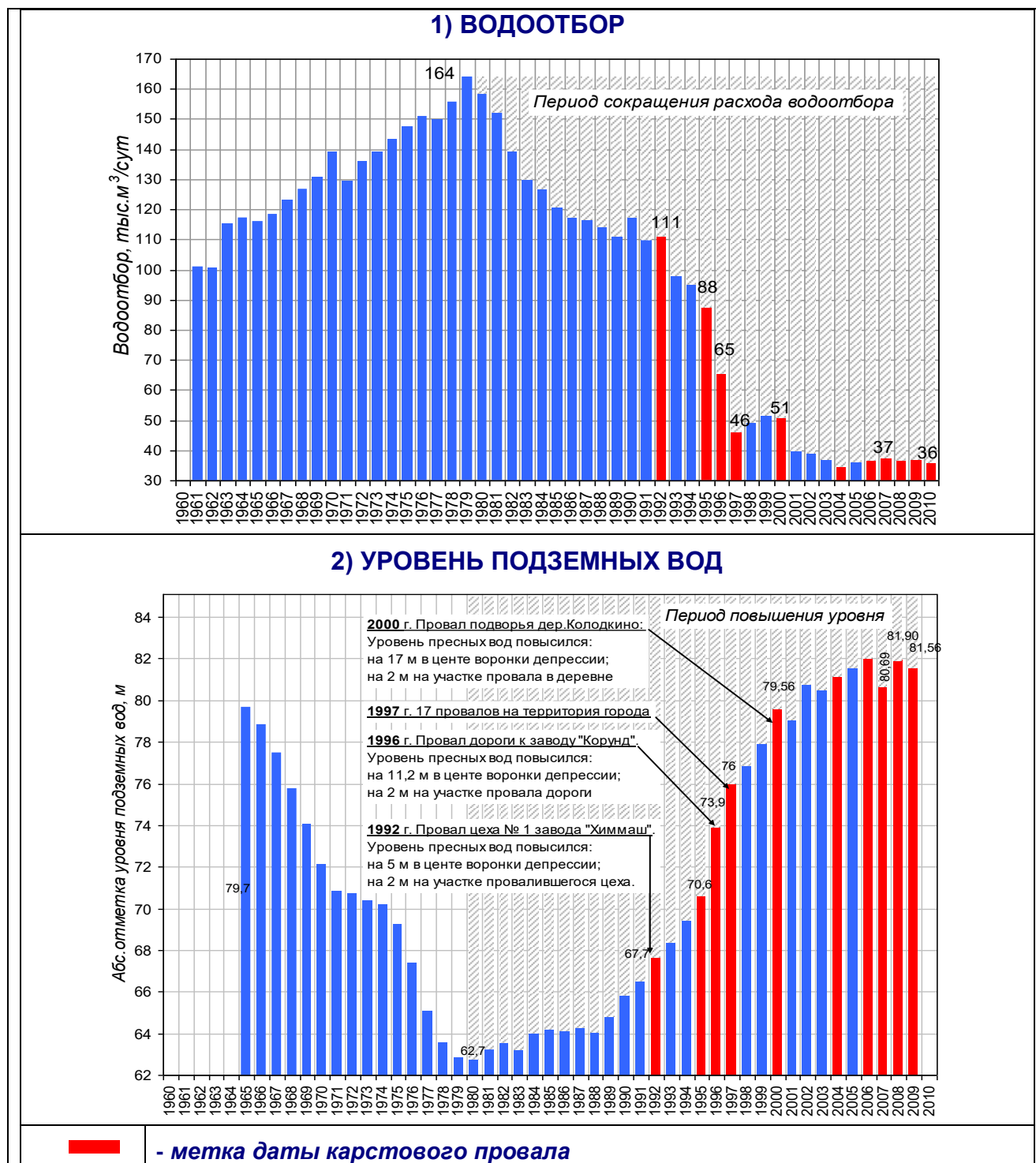


**Рис. 7 ИЗМЕНЕНИЕ РАСХОДА ВОДООТБОРА И УРОВНЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В
ЭКСПЛУАТИРУЕМОМ ЧЕТВЕРТИЧНОМ ВОДОНОСНОМ ГОРИЗОНТЕ
В ГОРОДСКОМ ОКРУГЕ Г.ДЗЕРЖИНСКА**



1992 год

Карстовый провал цеха № 1 ПО «Химмаш» признан крупнейшим в Европе



**ПОСЛЕДСТВИЯ ПОДЪЕМА
УРОВНЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД
В ГОРОДСКОМ ОКРУГЕ
Г.ДЗЕЖИНСКА ПОСЛЕ
СУЩЕСТВЕННОГО
СОКРАЩЕНИЯ ДОБЫЧИ
ПОДЗЕМНЫХ ВОД:
ПРИМЕРЫ КРУПНЫХ
КАРСТОВЫХ ПРОВАЛОВ**



1996 год
ПО «Корунд»
(№3 на карте)



2000 год
дер.Коподкино
(№5 на карте)



2007 год
Провал
трамвайных
путей (№8 на карте)



2009 год
г.Дзержинск
(№12 на карте)



Условные обозначения:
1 – участки современных карстовых провалов ;
2 – древние карстовые провалы;
3 – участки водозаборов;
4 – промплощадки химических предприятий;
5 – участки наиболее масштабных проявлений карста (фото)

Рис. 8

В городском округе г. Дзержинск искусственный продолжительный подъем уровня пресных подземных вод при кардинальных изменениях водного режима (например, при нестабильном водоотборе, а также при строительстве новых или расширение мощности действующих водохранилищ в бассейне Волги) неизбежно приведут к новой опасной активизации карста.

Имитационное численное моделирование позволило визуализировать скрытые изменения в гидравлике единой взаимосвязанной системы «подземные воды - река Ока».

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ ПОДТОПЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДСКОГО ОКРУГА г.ДЗЕРЖИНСКА

- С использованием имитационной численной гидрогеологической модели для городского округа г. Дзержинск были решены следующие задачи:

- оценена ширина зоны повышения уровня подземных вод при их искусственном подпоре рекой Окой;

- выявлены участки опасного повышения уровня подземных вод: участки затопляемых территорий и участки с подтоплением подземных сооружений;

- установлены причины неравномерного повышения уровня подземных вод на пойменных террасах при подпоре их рекой;

- оценено влияния подпора на изменение режима разгрузки напорных подземных вод казанского горизонта и установлены потенциальные участки активизации карстовых процессов;

- выявлены участки потенциальной активизации оползневых процессов;

- оценены масштабы истощения водного стока реки Оки при разных проектных отметках искусственного повышения в ней уровня;

- оценено влияние дноуглубительных работ на величину пополнения стока реки разгружающимися в нее подземными водами.

- Модельные оценки масштабов подтопления территорий выполнялись для 3-х положений уровня воды в реке Оке:

- 1) Современный среднесезонный меженьный уровень воды в р. Оке на 3-х гидропостах в границах городского округа г. Дзержинск: гидропост «Горбатов» (56-й км от устья Оки) - **66,7** м, гидропост «Дзержинск» - **65,52** м, гидропост «Новинки» (28-й км от устья Оки) - **64,2** м (абс.отметки БС);

- 2) Проектный уровень р. Оки на тех же гидропостах: **68,4** м - **68,3** м - **68,2** м;

- 3) Проектный уровень р. Оки: **69,5** м - **69,4** м - **69,3** м.

Результаты модельных оценок приведены далее.

- **Оценка ширины зоны повышения уровня подземных вод в городском округе г.Дзержинска при их искусственном постоянном подпоре рекой Окой при подъеме уровня воды в Чебоксарском водохранилище до отметки 68 м.**

Прогнозное повышение уровня в Оке и горизонтах подземных вод оценивалось от величины среднесезонного меженьного уровня. На рис.9 показаны реконструированные на модели карты современного положения уровня подземных вод и прогнозного уровня при подпоре рекой.

Результаты моделирования были преобразованы в карты прогнозного повышения уровня подземных вод (рис.10) и карты глубины залегания уровня подземных вод (рис.11).

На картах прогнозных повышений уровня грунтовых вод (рис.10) можно видеть, что граница нулевых повышений уровня проходит вдоль правого берега р. Пыры (приток Волги), в 12-13 км к северу от р. Оки. Изолиния повышения уровня «1,0 м» ограничивает зону критичного для территории городского округа г. Дзержинска повышения уровня грунтовых

вод более 1,0 м. В зонах именно таких долговременных повышений уровня при сокращении водоотбора в конце прошлого века происходили наиболее частые и масштабные карстопроявления в городском округе г. Дзержинска.

Обращает на себя внимание, что граница зоны подпора грунтовых вод четвертичного горизонта на востоке имеет аномальные выступы купольной формы (рис.12), которые свидетельствуют о наличии дополнительных факторов повышения уровня грунтовых вод на удаленных от реки участках помимо прямого их подпора рекой и обусловлены они следующим.

При искусственном долговременном подъеме уровня воды в реке Оке подземные воды по законам гидравлики «выдавливаются» речными водами на берега реки, где разгружаются:

- грунтовые воды - на рельеф, подтопляя территории;
- напорные воды казанского горизонта – разгружаются по окнам размыва глин на участках древних карстовых провалов в залегающие выше грунтовые воды, формируя купола растекания в их горизонте.

Выявленные участки аномальных повышений уровня грунтовых вод связаны с участками древних карстовых котловин, в пределах которых размыт слой пермских глин, и напорные казанские воды свободно выдавливаются в горизонт грунтовых вод. На востоке территории такая обширная древняя котловина расположена между накопителем «Белое море» и заводом «Химмаш» (именно здесь в 1992 году произошел самый крупный в Европе карстовый провал грунта; см. рис.8), вторая – у восточной границы Городского водозабора.

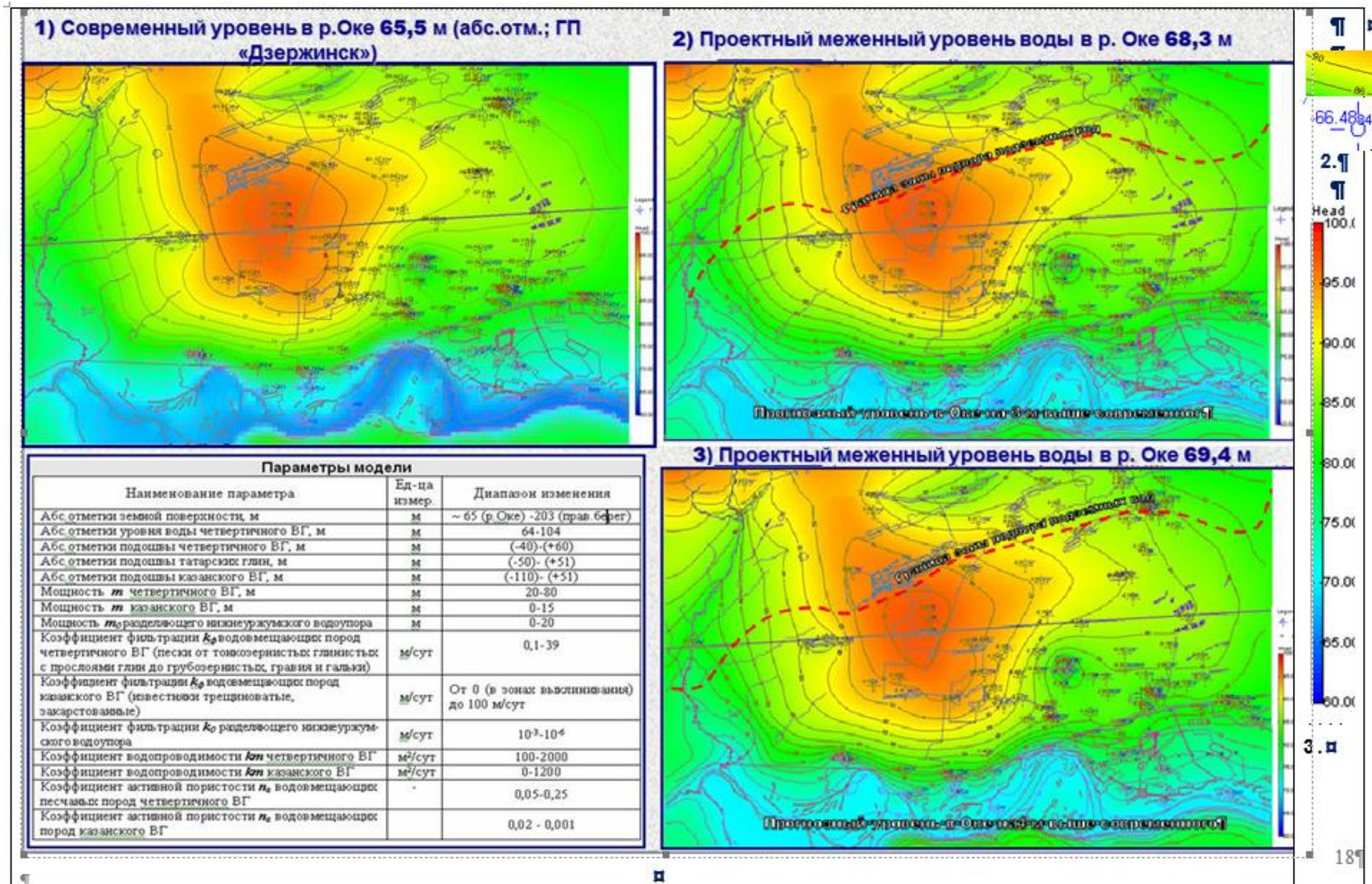
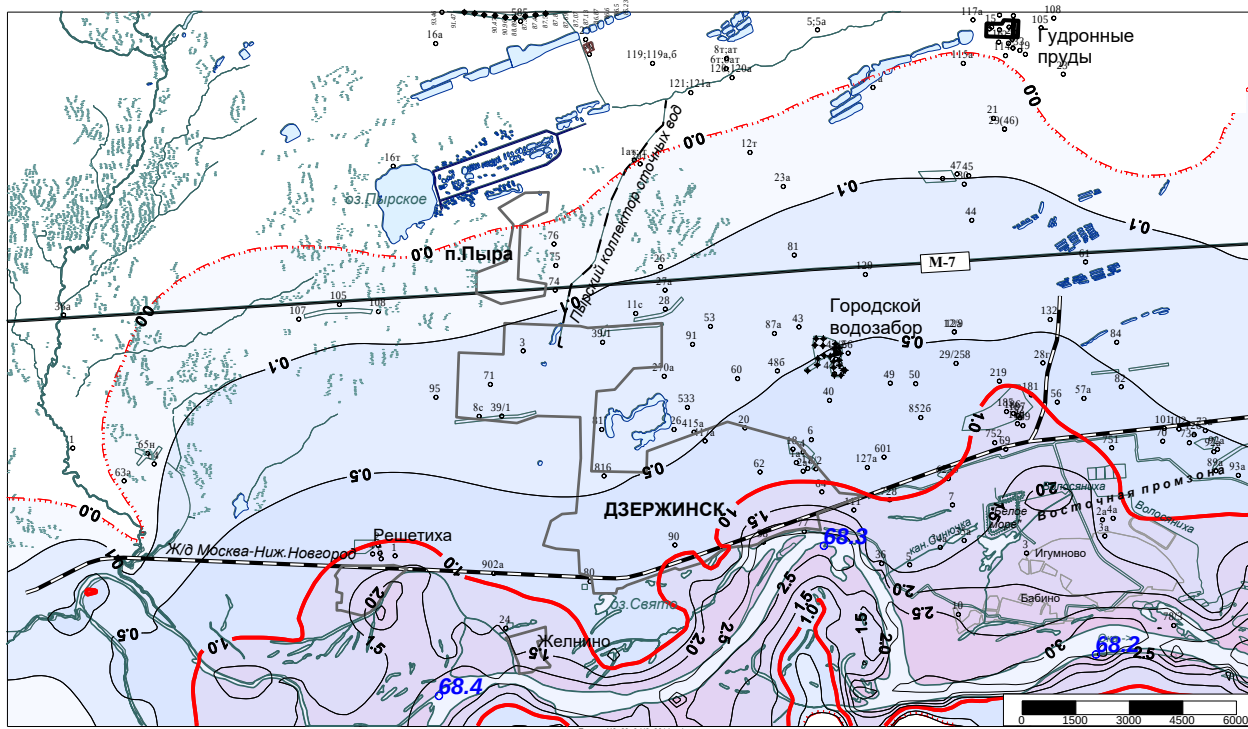


Рис.9 МОДЕЛЬНЫЕ КАРТЫ ГИДРОИЗОГИПС ЧЕТВЕРТИЧНОГО ГОРИЗОНТА

А) Проектная отметка уровня в Оке 68,3 м (абс.отм.БС)

КАРТА

прогнозного повышения уровня грунтовых вод над современным уровнем
при подъеме уровня в реке Оке до проектной отметки 68,3 м (гидропост "ДЗЕРЖИНСК")



- **Выявление участков с критичным повышением уровня подземных вод.**

По модельным данным построены карты глубины залегания грунтовых вод (рис.11). Шкала глубины залегания уровня грунтовых вод на этих картах разбита на 3 интервала:

1) уровень грунтовых вод устанавливается выше земной поверхности - *зоны затопления территорий;*

2) глубина залегания уровня грунтовых вод 0-2,5 м (*выбор такого интервала обусловлен наиболее распространенной глубиной заложения подземных сооружений: подвалов, коллекторов, канализационных колодцев, различных заглубленных хранилищ и пр.*);

3) глубина залегания уровня грунтовых вод более 2,5 м.

На картах глубин можно видеть, что разгрузка грунтовых вод на земную поверхность (в водоемы, водотоки, болотные массивы) происходит и в естественном режиме течения грунтовых вод. Но при постоянном подпорном уровне в реке Оке зоны разгрузки подземных вод на рельеф существенно расширяются в пределах низких пойменных террас.

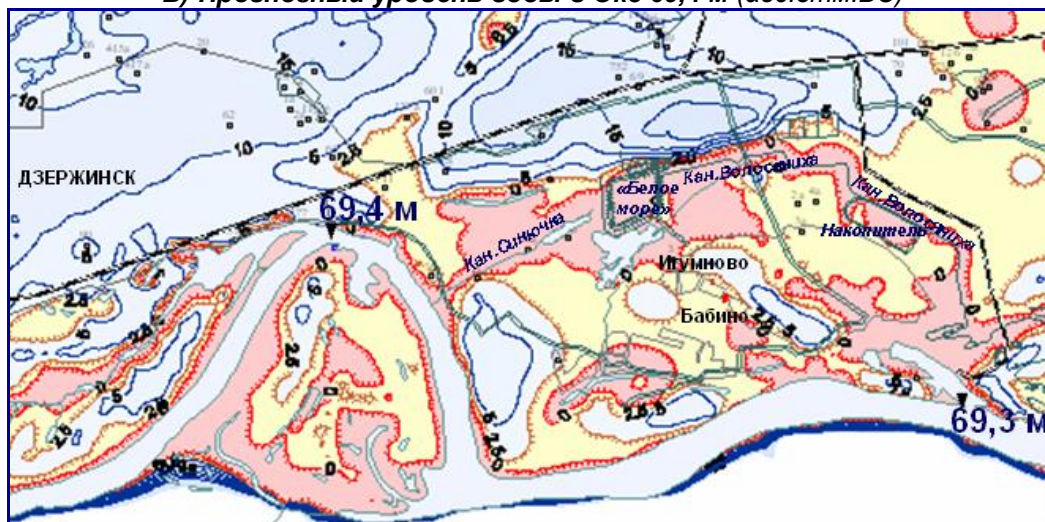
Наиболее масштабные подтопления территорий в городском округе г.Дзержинска произойдут на притеррасовом участке поймы р.Оки в Восточной промзоне и расположенных там населенных пунктов (поселков Дачный, Игумново, Бабино, Колодкино).

В восточной промзоне г.Дзержинска размещаются промплощадки химических предприятий, накопители твердых и жидких опасных отходов, в том числе известный накопитель «Белое море». Грунты в восточной промышленной зоне многие десятилетия интенсивно загрязнялись под влиянием утечек из накопителей отходов. Они являются источником вторичного загрязнения природных (подземных и поверхностных) вод. При спровоцированном постоянным подпором со стороны реки подъеме уровня грунтовых вод в образующихся новых зонах их разгрузки на рельеф загрязнение из почв и грунтов будет выноситься подземными водами на поверхность. Разгрузившиеся на дневную поверхность загрязненные токсичными веществами подземные воды по каналам Синючка и Волосяниха будут попадать в р. Оку, ухудшая ее экологическое состояние. Загрязненный сток с подтопленных территорий также попадет в колодцы ближайших населенных пунктов Игумново, Дачный, Бабино.

А) Современный уровень воды в Оке 65,52 м (абс.отм.БС)



Б) Прогнозный уровень воды в Оке 69,4 м (абс.отм.БС)



1- Участки разгрузки подземных вод на земную поверхность; 2-3 – Глубина залегания уровня грунтовых вод: 2- менее 2,5 м (соответствует предельной глубине заложения подземных сооружений (подвалов, канализационных колодцев и пр.); 3 – более 2,5 м.

Рис.11 Карты глубины залегания уровня грунтовых вод

Несколько расширяются площади затопленных восточных территорий, иллюстрируют также модельные профили (рис.12-14). Цветом векторов на профилях маркированы водоносные слои: грунтовые воды четвертичного горизонта – на профилях это красные векторы, напорные воды казанского горизонта – синие векторы. Размер векторов на профилях визуальнo отображает величину расхода потоков подземных вод.

На профилях видно, что на экологически опасных участках в районе «Белого моря», оз. Гнилого, каналов Волосыниха и Синючка при искусственном постоянном подпоре подземных вод рекой активизируются вертикальные восходящие потоки и грунтовых вод, и напорных карстовых вод казанского горизонта. Вертикальные потоки казанских вод способствуют расширению вертикальных трещин и поровых каналов в легко растворимых сульфатно-карбонатных породах, что приводит к активизации карстово-суффозионных процессов под накопителем «Белое море» и дренажными каналами Синючка и Волосыниха

А. При современном уровне в реке Оке 64,2 м
(абс.отметка гидропоста «Новинки») (28-й км от устья Оки)

Б. При проектном уровне в реке Оке **69,3 м**
(абс.отметка гидропоста «Новинки» (28-й км от устья Оки))

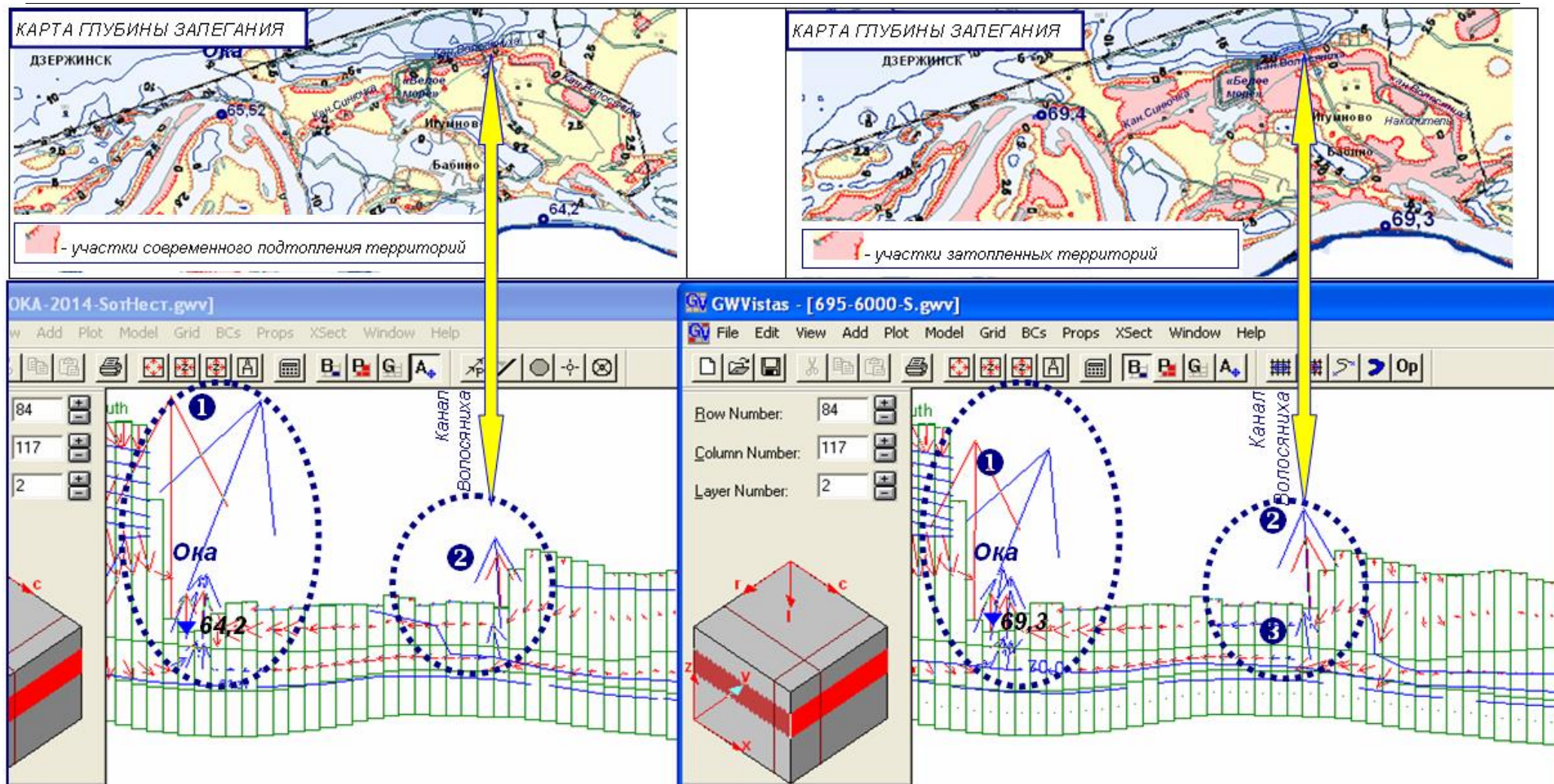
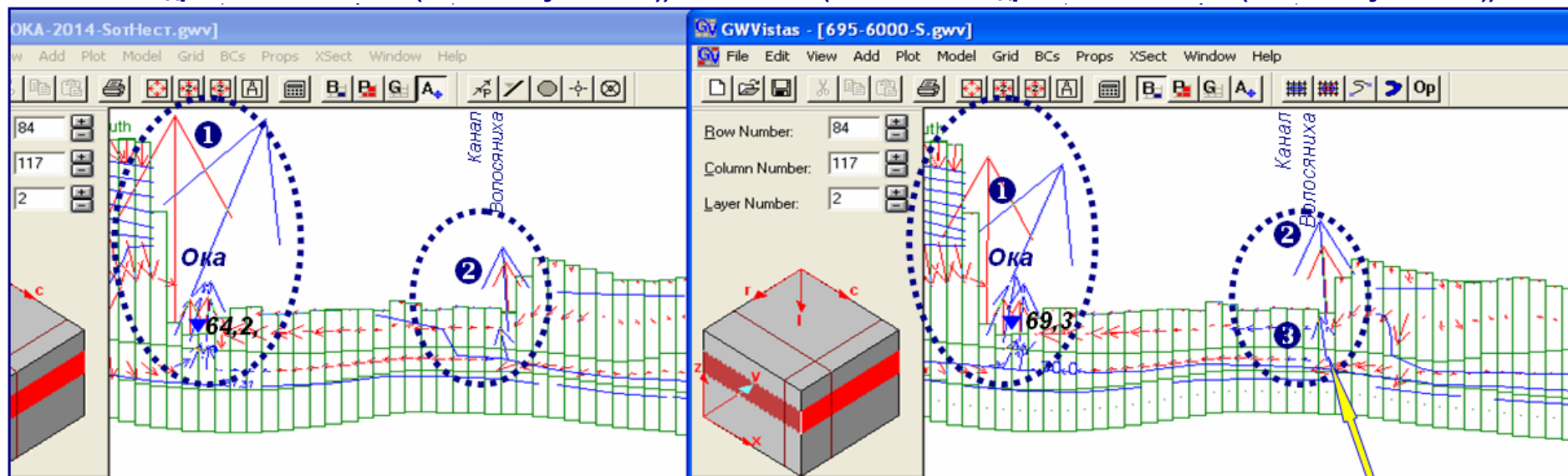


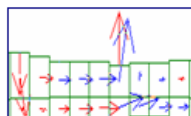
Рис.12 Разгрузка напорных подземных вод казанского горизонта в реку Оку ①, на рельеф ② и в горизонт грунтовых вод ③ на участке канала Волосяниха

А. При современном меженном уровне в р.Оке 64,2 м
(абс.отметка гидропоста «Новинки» (28-й км от устья Оки))

Б. При проектной отметке уровня в р.Оке 69,3 м
(абс.отметка гидропоста «Новинки» (28-й км от устья Оки))



Условные обозначения:



- **векторы потоков подземных вод на профиле:**
красные векторы - векторы потоков грунтовых вод;
синие векторы - векторы потоков напорных вод казанского горизонта

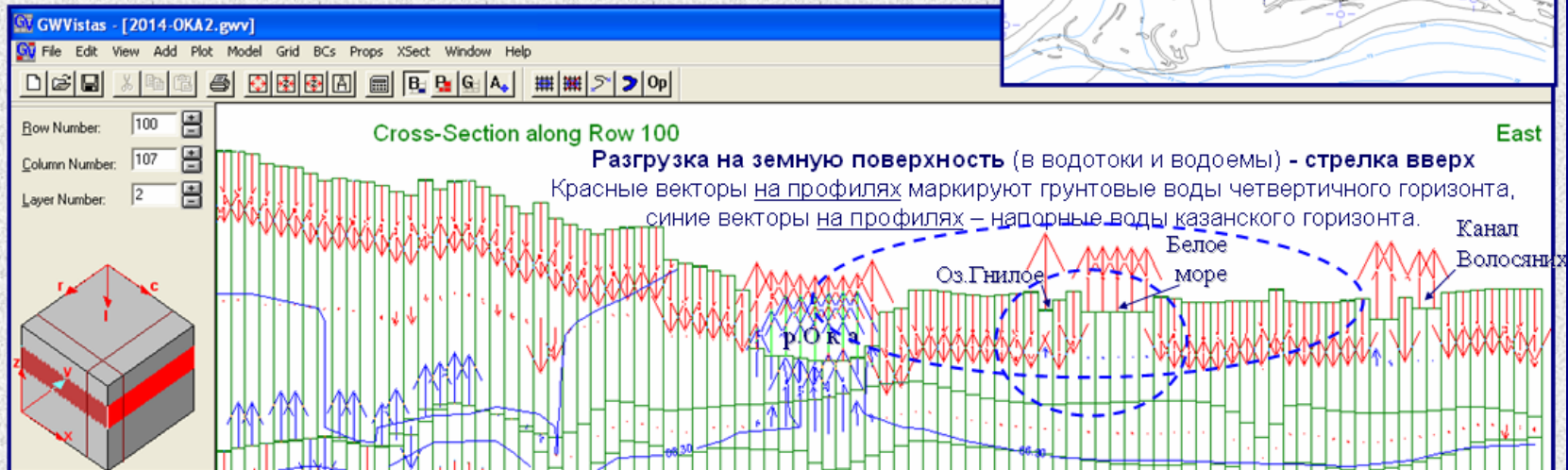


Рис.13 Разгрузка напорных подземных вод казанского горизонта на участке активного древнего карстового провала в районе накопителя «Белое море»

МОДЕЛЬНЫЕ ПРОФИЛИ С УЧАСТКАМИ ПИТАНИЯ И РАЗГРУЗКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

а) ПРИ СОВРЕМЕННОМ СРЕДНЕМОГОДЕТНЕМ МЕЖЕННOM УРОВНЕ ВОДЫ в р.ОКЕ 65,52 м (абс.отм.БС)

Линия профиля на модельной схеме



б) ПРИ ПРОГНОЗНОМ МЕЖЕННOM УРОВНЕ ВОДЫ В Р.ОКЕ 69,4 М (абс.отм.,БС, ГП ДЗЕРЖИНСК)

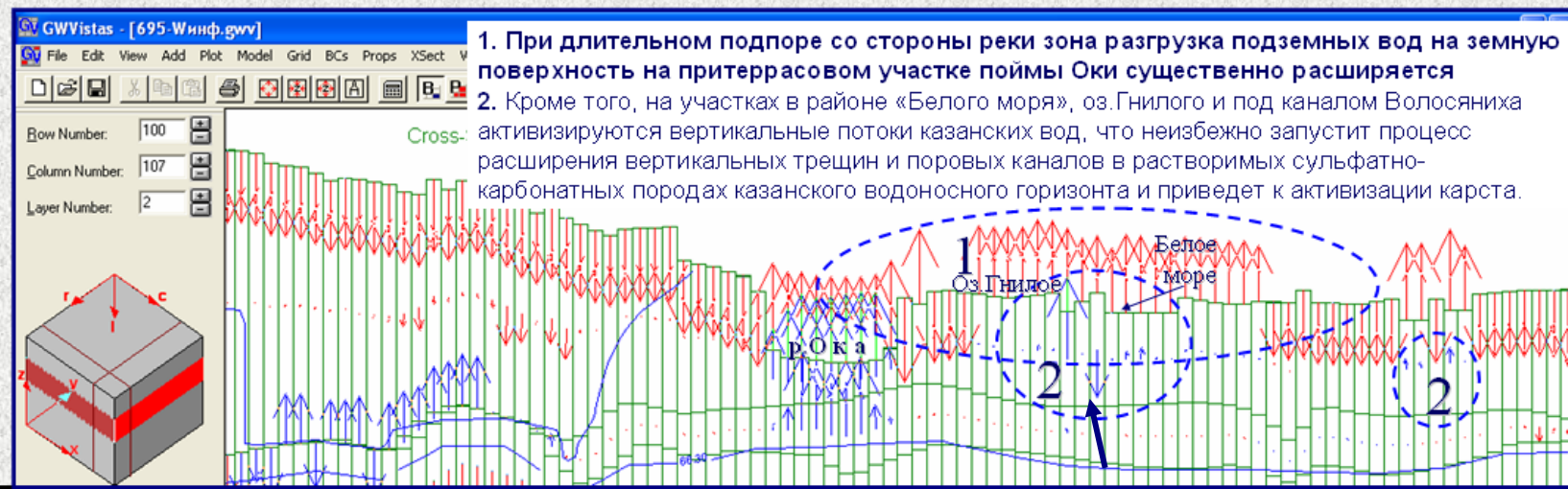


Рис.14

Приведенные результаты моделирования показывают следующее:

1) При многолетнем искусственном подпоре подземных вод рекой Окой разгрузка подземных вод в реку Оку сократится, а на рельеф **увеличится**, что приведет к опасному подтоплению освоенных территорий, в том числе накопителей вредных отходов, и выносу подземными водами загрязнения, аккумулированного в грунтовой водовмещающей толще.

При искусственном постоянном подпоре рекой подземных вод расход разгрузки подземных вод обоих горизонтов в реку Оку уменьшится суммарно на 25 %. Река Ока в ее нижнем течении будет ощутимо терять свое естественное питание за счет разгружающихся в нее подземных вод при создании подпора со стороны Чебоксарского водохранилища. Водный сток реки сократится. Ресурсный водный потенциал реки уменьшится. Аналогичные потери речного стока сформируются на всем протяжении зоны подпора на Оке и Волге.

2) Экологически наиболее неблагоприятный участок между «Белым морем» и заводом «Химмаш» при постоянном подпоре подземных вод Окой окажется в зоне интенсивной восходящей разгрузки на поверхность подземных вод четвертичного горизонта и усиливающихся вертикальных перетоков карстовых вод казанского горизонта. Этот экологически опасный участок снова окажется в зоне развития катастрофических карстовых провалов грунта. На этом же участке при подпоре подземных вод рекой увеличится угроза разрушения железнодорожного полотна федеральной железной дорогой «Москва – Н. Новгород».

УЧАСТКИ С ВЫСОКИМ РИСКОМ РАЗВИТИЯ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ГОРОДСКОМ ОКРУГЕ Г.ДЗЕРЖИНСКА ПРИ ДОЛГОВРЕМЕННОМ ПОДПОРЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД РЕКОЙ ОКОЙ.

По результатам имитационного моделирования для городского округа г.Дзержинска построены гидрогеологические разрезы для 5 участков с выделением на них зон, в пределах которых ожидаются наиболее опасные геологические процессы. Гидрогеологические разрезы через участки развития опасных геологических процессов показаны на рисунках 19-23.

В зону подтопления попадут следующие населенные пункты и промышленные объекты:

1) поселки, расположенные на пойменной террасе к востоку от г.Дзержинска: Игумново, Бабино, Дачный, Колодкино;

2) восточная промзона с многочисленными продуктопроводами сточных вод, хранилищами химического сырья и продукции, накопителями экологически опасных отходов.

В зону активизации опасных карстово-суффозионных процессов попадают:

1) южные районы г.Дзержинска и малые населенные пункты (Решетиха, Желнино, Игумново, Бабино, Дачный, Колодкино);

2) 3 протяженных участка федеральной железной дороги «Москва-Нижний Новгород»: 1-ый участок в поселке Решетиха с ж/д платформой «Жолнино»; 2-й участок в городской черте г.Дзержинска; 3-ий – в восточной промзоне между промплощадками предприятий (ОАО «Сибур», ОАО «Капролактамы», ОАО «Оргстекло», ОАО «Химмаш»;

3) Восточная промзона с многочисленными продуктопроводами сточных вод, хранилищами химического сырья и продукции, накопителями экологически опасных отходов.

В зону активизации оползневых процессов, попадают:

1) поселки Желнино и Решетиха западной части городского округа г. Дзержинска;

2) поселки (Бабино, Игумново, Колодкино, Дачный, Черное) в восточной части городского округа г. Дзержинска.

В береговой зоне Оки произойдет максимальное повышение уровня подземных вод при их постоянном подпоре рекой. Уровень здесь повысится на 2-3 м - при подъеме уровня в Оке до отметки 68,2-68,4 м и до 4-х м - при отметке уровня в Оке 69,3-69,5 м.

Берега Оки сложены слабо литифицированными, преимущественно песчаными грунтами. Несложным расчетом можно оценить насколько увеличится нагрузка на береговой склон, ослабляющая несущую способность грунтов. В блоке водонасыщенных песков зоны

подпора, имеющем объем 2-4 м³ (площадь блока 1 м², мощность 2-4 м) вода с учетом пористости песков занимает 15-20 % объема, то есть 0,3-0,8 м³ (300-800 литров или 0,3-0,8 т).

Насыщение ранее сухих грунтов водой при подъеме уровня грунтовых вод на 2-4 м приведет к тому, что только статическая нагрузка на грунты в полосе береговых уступов шириной 10 м возрастет на несколько тысяч тонн на каждые 1000 м берега. На статические наложатся динамические нагрузки со стороны движущихся к реке с террас потоков подземных вод увеличенной мощности. При таких условиях на береговых склонах вновь активизируются оползневые процессы.

На рис.15 приведен гидрогеологический разрез, пересекающий территорию пос. Желнино. Очевидно, что при подпорном уровне в Оке этот богатый коттеджный поселок окажется на активном оползневом склоне. Оползни активизируются также в районе населенных пунктов Решетиha и ж/д станции Жолнино (рис.16).

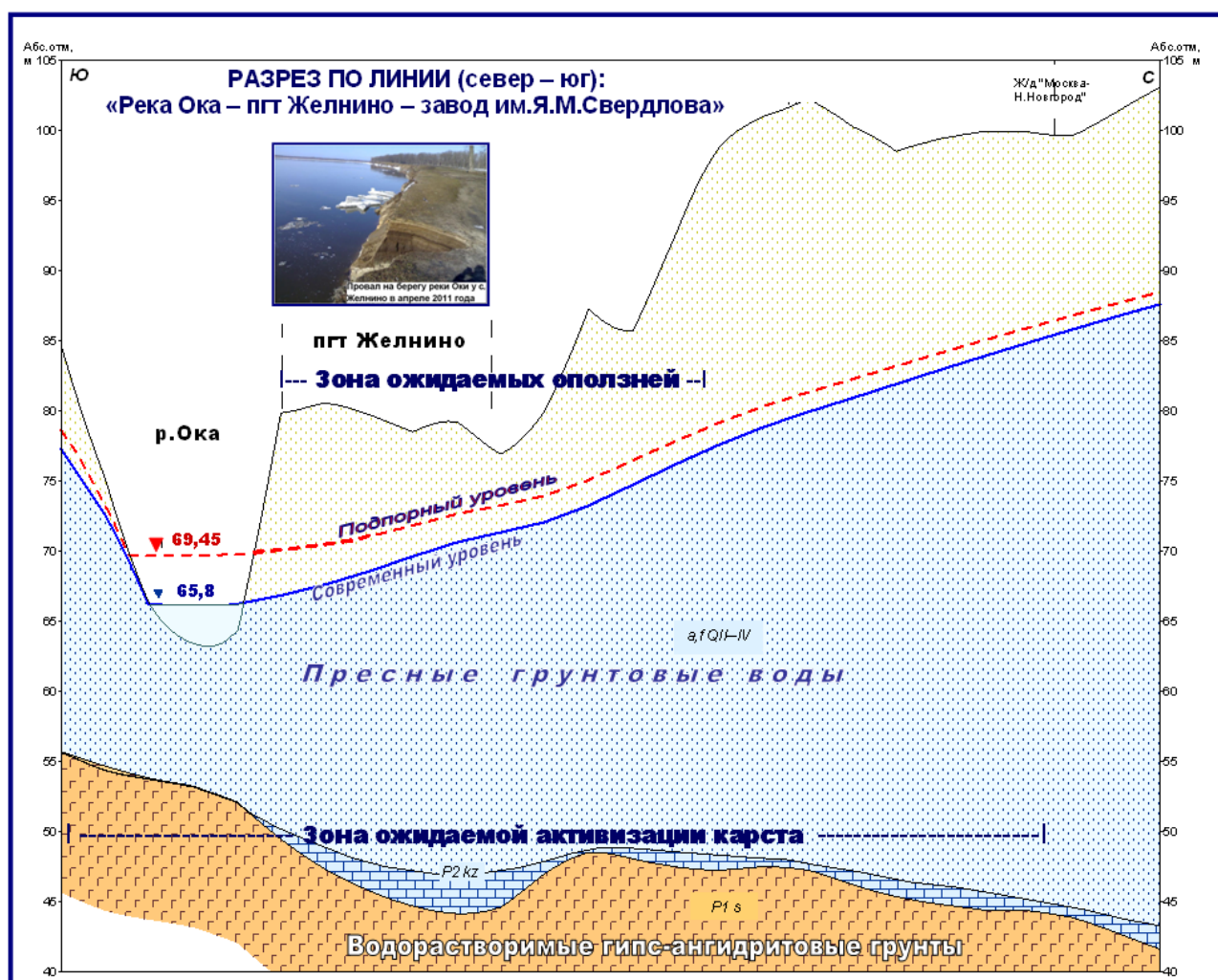


Рис.15. ОЖИДАЕМЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПОДТОПЛЕНИЯ ЗАПАДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДСКОГО ОКРУГА г.ДЗЕРЖИНСКА

РАЗРЕЗ ПО ЛИНИИ «Река Ока – р.Совец - ж/д станция Жолнино (ж/д Москва-Нижний Новгород)»

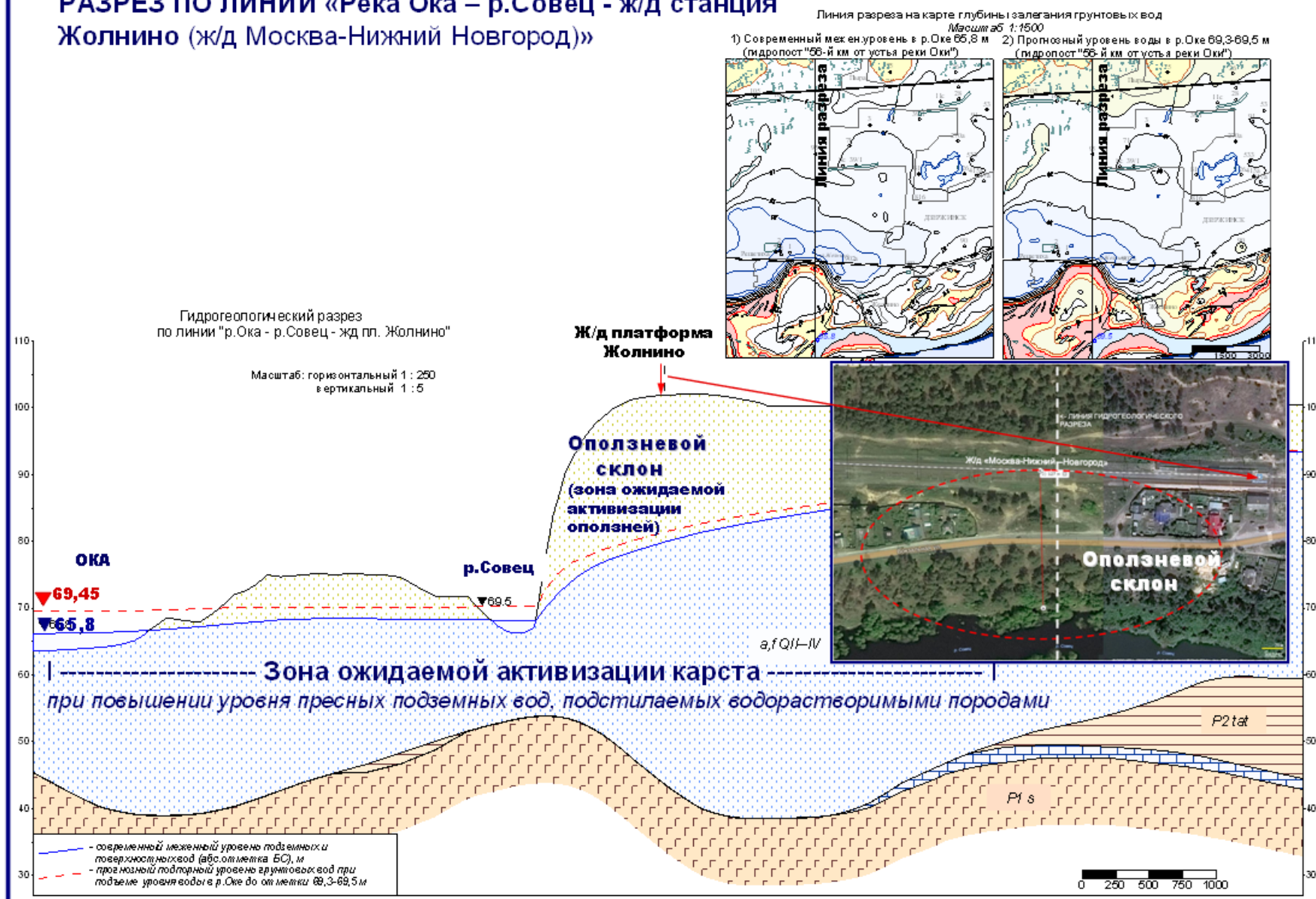


Рис.16 **ОЖИДАЕМЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПОДТОПЛЕНИЯ
ЗАПАДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДСКОГО ОКРУГА г.ДЗЕРЖИНСКА**

СХЕМАТИЧЕСКИЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАЗРЕЗЫ

ПО ЛИНИИ

«Река Ока – дер. Колодкино - накопитель «Белое море»

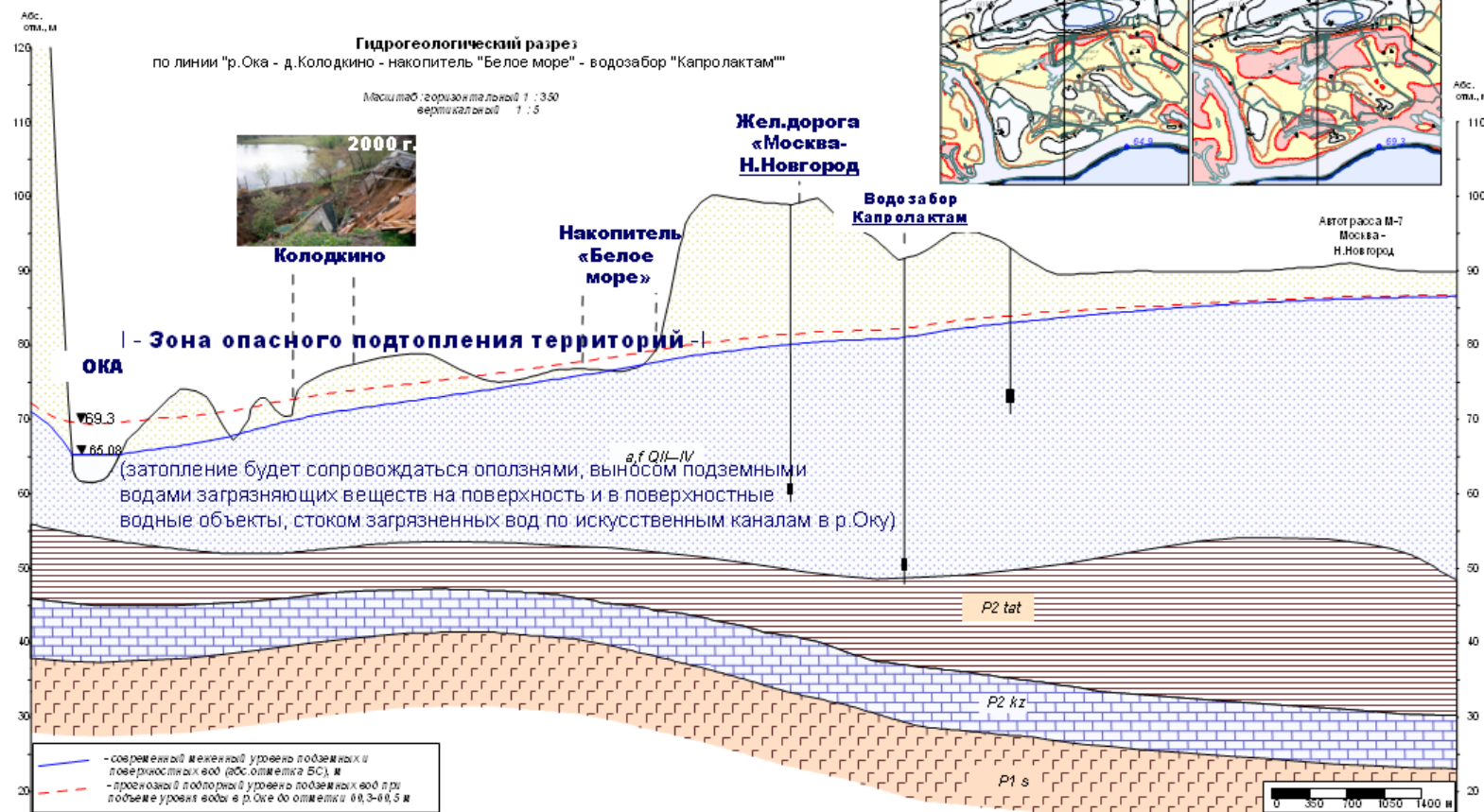


Рис.17 **ОЖИДАЕМЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПОДТОПЛЕНИЯ**
ВОСТОЧНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДСКОГО ОКРУГА г.ДЗЕРЖИНСКА

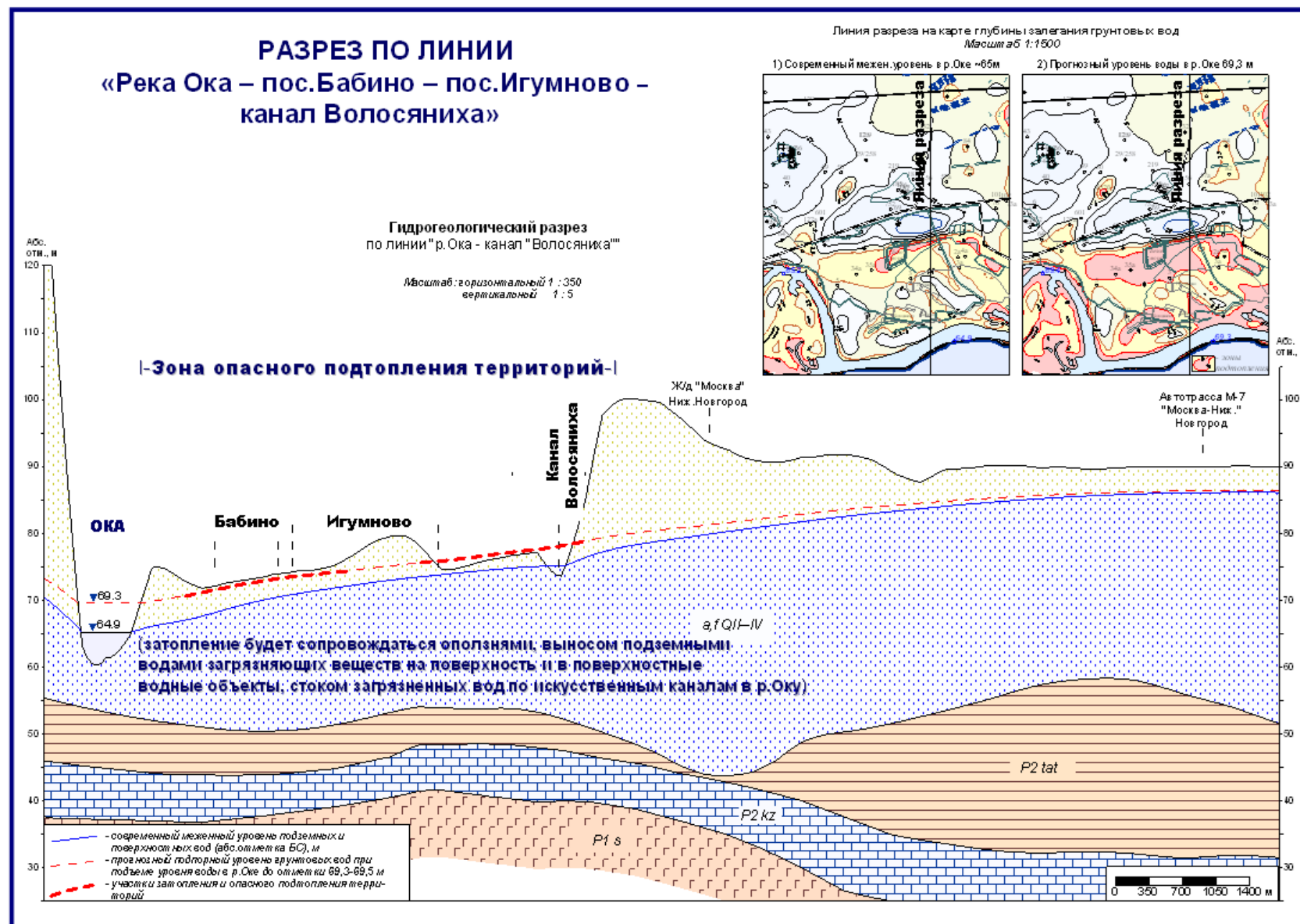


Рис.18

РАЗРЕЗ ПО ЛИНИИ «Река Ока – пос.Дачный – канал Синючка»

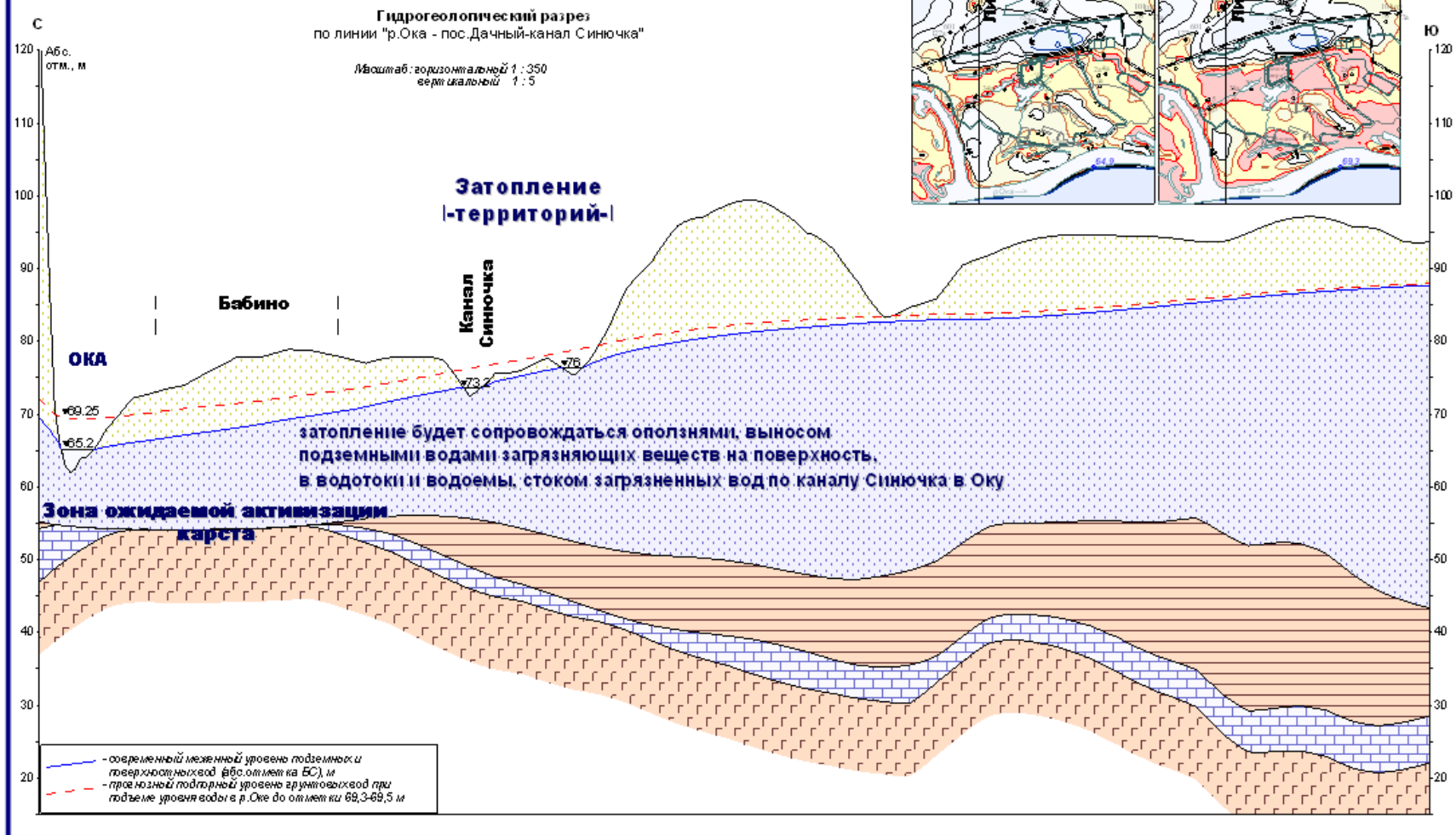


Рис.19

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛЬНЫХ БАЛАНСОВЫХ РАСЧЕТОВ РАСХОДА РАЗГРУЗКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РЕКУ ОКУ

1) МОДЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА УМЕНЬШЕНИЯ ПИТАНИЯ РЕКИ ПОДЗЕМНЫМИ ВОДАМИ ПРИ ИХ ПОСТОЯННОМ ПОДПОРЕ РЕКОЙ.

Модельные расчеты расходов разгрузки подземных вод в Оку в границах городского округа г.Дзержинска показывают, что при искусственном подпоре Окой разгружающихся в нее подземных вод уменьшается градиент потока подземных вод к реке и пропорционально его уменьшению падает расход разгрузки подземных вод в Оку. Чем больше подпор рекой подземных вод, тем меньше расход разгрузки в реку подземных вод (Рис.20).



- расчетный контур реки на модели, для которого оценивался расход разгрузки подземных вод в реку Оку, при разном уровне воды в реке (современном и 2-м прогнозным)

Рис.20 ЗАВИСИМОСТЬ РАСХОДА ПИТАНИЯ ОКИ ПОДЗЕМНЫМИ ВОДАМИ ОТ ПОЛОЖЕНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ В РЕКЕ

При искусственном подъеме уровня воды в Оке до ожидаемой проектной отметки 69,4-69,5 м Ока начнет ежедневно терять 25 % расхода разгружающихся в нее подземных вод. Только на оцененном 28-км отрезке русла Оки потери стока реки составят 60 тыс.м³ в сутки (22 млн. куб. м воды в год) (без учета неизбежного ухудшения фильтрационных свойств донных наносов). С учетом ухудшения фильтрационных свойств донных осадков, мощность и заиленность которых в зоне развития подпора всегда возрастают, расход разгрузки подземных вод уменьшится пропорционально.

2) МОДЕЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ВЕЛИЧИНУ ПОПОЛНЕНИЯ ВОДНОГО СТОКА РЕКИ ЗА СЧЕТ ПОДЗЕМНЫХ ВОД.

Как известно, водные ресурсы рек зависят от характера и активности их гидравлической связи с подземными водами. По характеру взаимодействия с подземными водами реки делятся на те, что питают подземные воды (в период кратковременных сезонных паводков или при интенсивной сработке уровня подземных вод при добыче последних), и те, что подземными водами постоянно питаются.

Водные ресурсы рек, **питающих** подземные воды, истощаются при улучшении гидравлической связи с рекой при расчистке дна реки. Такое, например, происходит на малых реках бассейна **верхней** Оки в районе развития региональной депрессионной воронки в Московском регионе. Здесь гидравлически связанные с реками водоносные горизонты карбона осушены многолетним мощным интенсивным отбором подземных вод (до **3 млн.м³/сут**). На участках сработки уровня подземных вод и его снижения ниже, чем уровень речных вод и происходят потери речного стока.

Обратный этому процесс происходит на реках, питаемых подземными водами.

Водный сток рек, **питаемых** подземными водами, **увеличивается при улучшении гидравлической связи с рекой при расчистке ее дна**. К таким рекам относятся Волга и Ока в их среднем и нижнем течении. Любые процессы, препятствующие разгрузке подземных вод в эти реки (аккумуляция донных наносов, заиливание дна реки) приводят к истощению их водного стока.

Сокращение водного стока рек, питаемых подземными водами, при сооружении на них плотин и водохранилищ связано с 2-мя причинами:

1) при подпоре естественного стока рек плотинами, в пределах всей зоны подпора уменьшается градиент и расход разгружающегося в реки питающего их потока подземных вод;

2) в зоне влияния водохранилищ уменьшается скорость течения самих рек; что приводит к аккумуляции мощных русловых наносов – тонкозернистых заиленных песков, илов и глин, существенно затрудняющих гидравлическую связь реки с пополняющими ее подземными водами. Реки медленно, но неуклонно мелеют, зарастая выносимыми с водоразделов песчано-глинистыми осадками.

С целью оценки того, как влияет состояние дна реки на величину ее водного стока, на имитационной модели ВСЕГИНГЕО выполнены балансовые расчеты разгрузки подземных вод в реку Оку при разной гидравлической связи реки с подземными водами.

Расчеты выполнены для 2-х состояний дна реки:

1) современное дно реки, покрытое 2-3-метровой толщей наносов из мелко-, тонкозернистых заиленных песков (коэффициент перетекания подземных вод через такие донные наносы $k_0/m_0 = 10^{-1}-10^{-2}$ 1/сут.).

2) дно реки расчищено от песчаных наносов и углублено по фарватеру примерно на 2 м, что дает возможность беспрепятственному движению по реке крупнотоннажного речного транспорта (такие условия соответствуют параметру $k_0/m_0 \approx 10^0$ 1/сут.).

Графики изменения расхода питания реки подземными водами при разном состоянии дна реки показаны на рис.21. Расчеты показали, что если дно Оки в ее *нижнем* течении очистить от песчаных наносов, существенно (на 20 %) улучшится гидравлическая связь реки с питающими ее здесь подземными водами. Расход питания Оки подземными водами только на оцененном 28-километровом отрезке реки в границах городского округа г.Дзержинска увеличится с 200 тыс. до 240 тыс.м³/сут. Не трудно оценить насколько увеличится водный сток Оки на всем протяжении ее русла, на котором река непрерывно питается подземными водами.

Изменения расхода питания реки подземными водами при разном состоянии ее дна показаны на рис.21.

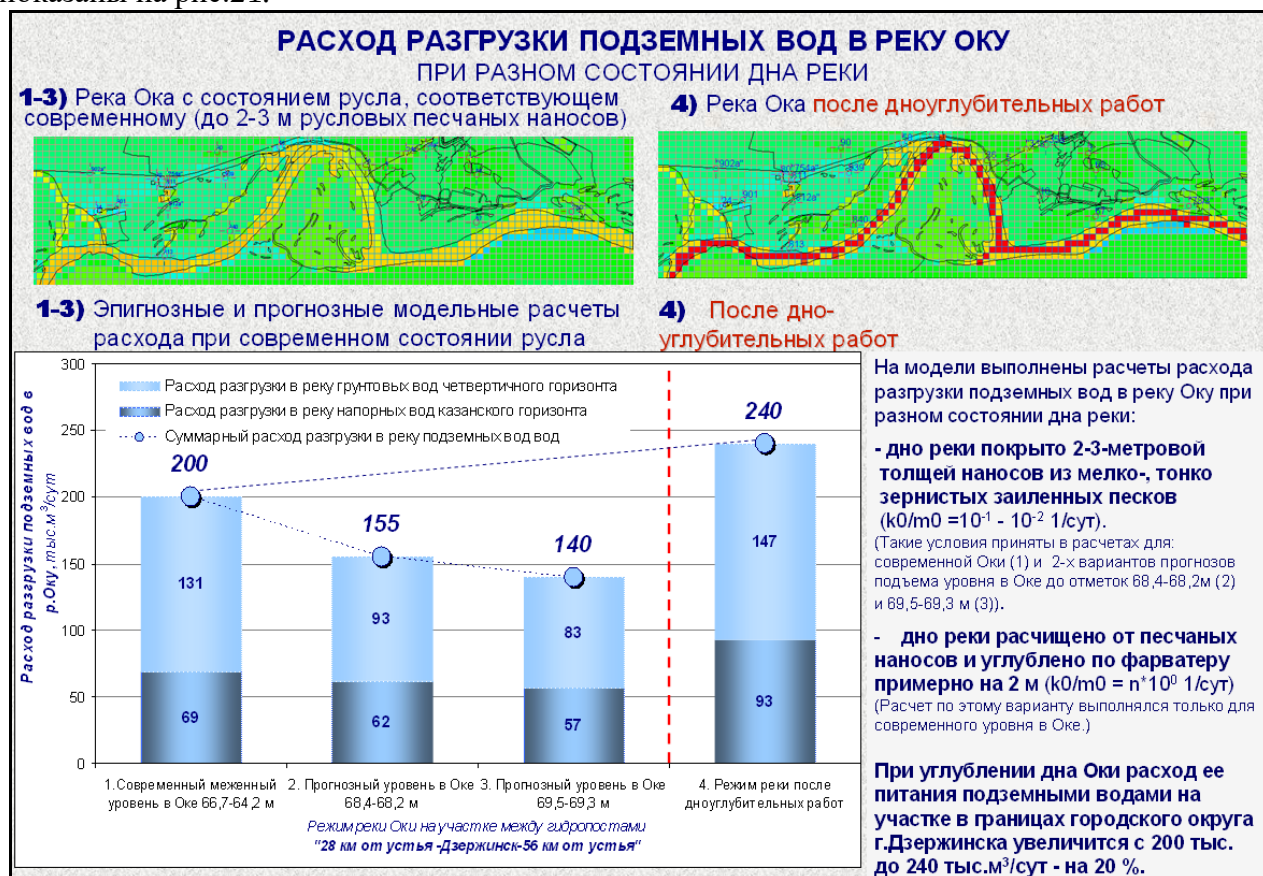


Рис.21.

Расчеты показали, что если дно Оки в ее *нижнем* течении очистить по фарватеру от песчаных наносов, существенно (на 20 %) улучшится гидравлическая связь реки с питающими ее подземными водами.

Расход питания Оки подземными водами только на оцененном 28-километровом отрезке реки в границах городского округа г.Дзержинска увеличится с 200 тыс. до 240 тыс.м³/сут. Нетрудно оценить насколько увеличится водный сток Оки на всем протяжении ее русла, на котором река непрерывно питается подземными водами.

Для примера: Международная комиссия, решавшая в 2015 году проблему обмеления судоходного Суэцкого канала, из различных рассмотренных проектов (*среди них: повышение подпорного уровня в канале путем сооружения новых плотин и шлюзов; строительство компенсационных каналов с переброской по ним воды в зону Суэцкого канала; очистка русла от наносов*) выбрала проект с масштабными многолетними дноуглубительными работами.

В нашей стране на протяжении двух предшествующих столетий (за исключением последних 30 лет) в течение всего судоходного периода на Волге и Оке дноуглубительные работы проводились ежегодно. Русло обеих рек планомерно расчищалось по фарватеру: земснаряды ежегодно перемещались с весны до глубокой осени вверх и вниз по течению. Обе реки и в дореволюционные времена, и в советские времена (до начала экономических реформ 90-х годов прошлого столетия) оставались полноводными. По обеим рекам большую часть года ходили крупнотоннажные грузовые суда от Ярославля до Астрахани. На береговых затонах Оки и Волги принимались и разгружались груженные песком баржи. Песок складировался в затонах на берегах для последующей его транспортировки, как речным путем, так и грузовым железнодорожным транспортом по всей стране, одновременно и эффективно решая проблемы строительной индустрии. Ситуация кардинально изменилась с начала 90-х годов прошлого столетия. Более 30 лет обе реки оставались без надзора. Работы по очистке дна производились крайне неравномерно во времени и точно (в основном с

целью коммерческой варварской добычи крупнозернистого строительного песка). Зброшенные на берегах песчаные терриконы были постепенно за этот период смыты назад в реки. Так, например, на ближайшем к городу Дзержинску затоне Дуденево с речным причалом, принимавшим крупные баржи и местный пассажирский речной транспорт, постоянно работали речные краны и производились работы по перегрузке намытого песка. С конца 80-х годов эти работы в Дуденево полностью прекратились. Береговые отвалы песка постепенно были смыты склоновым водным стоком в Оку, приведя к ее обмелению. Судоходство на этом участке реки стало невозможным¹.

Русловые наносы на средней Волге и нижней Оке за последние десятилетия превратились в многочисленные острова, свидетельствующие об усугубляющемся под влиянием хозяйственной деятельности процессе медленного уничтожения главных судоходных артерий европейской части страны – Волги и Оки. Создание новых плотин и водохранилищ не облегчит, а еще больше усугубит этот процесс.

1 Представителями государственной водной службы неоднократно высказывалось ложное суждение о том, что реки при очистке их дна от наносов теряют свой водный сток. При этом умалчивается, что такое возможно, но только на тех участках, где реки сами питают подземные воды: как, например, малые реки бассейна верхней Оки в Московском регионе. В бассейне средней и нижней Волги, наоборот, постоянно питаемой подземными водами перепруживание реки плотиной сопоставимо с засорением бытовой канализации, со всеми вытекающими тяжелыми негативными последствиями, долговременный экономический ущерб от которых не соизмерим с сиюминутной выгодой от насильственного повышения уровня речных вод при перепруживании реки. Следует отметить, что малоэффективным является точечное массированное изъятие песчаных донных наносов на Волге, который проблему очистки русла реки не решает, а приводит к ряду кратковременных негативных последствий: повышению мутности речных вод вследствие взмучивания интенсивно извлекаемых наносов, локальному падению уровня воды в реке из-за различия скорости пополнения реки подземными водами и скорости углубления дна реки на участке варварски интенсивной добычи песка.

ВЫВОДЫ

Эколого-гидрогеологические исследования взаимосвязи реки Оки и подземных вод в пределах городского округа г. Дзержинска, выполненные во ФГУП «ВСЕГИНГЕО» с использованием постоянно-действующей имитационной численной гидрогеологической модели, позволили сделать следующие выводы:

1. Подтопление территорий в пределах городского округа г. Дзержинска при подъеме уровня воды в реке Оке в случае расширения мощности Чебоксарского водохранилища будет связано не только с прямым затоплением речными высокими водами прибрежных территорий, но и с разгрузкой подземных вод на тех удаленных от реки участках, где их уровень окажется при подпоре рекой выше земной поверхности. К таким территориям относится практически вся пойменная терраса к востоку от г. Дзержинска, на которой расположены поселки Игумново, Бабино, Колодкино, Дачный, а также вся восточная промзона г. Дзержинска с многочисленными накопителями опасных отходов.

Подтоплению территорий при подпоре рекой будет способствовать также активизация разгрузки напорных вод казанского горизонта в горизонт грунтовых вод на участках древних карстовых котловин.

2. Городской округ г. Дзержинска расположен в зоне активного карста. Активизация карста здесь связана с нарушением режима и направления течения грунтовых вод и напорных карстовых вод казанского горизонта, а также с агрессивным воздействием пресных грунтовых вод на подстилающие сульфатно-карбонатные (гипсово-ангидритовые) породы. Повышение уровня пресных подземных вод в 90-е годы прошлого века при сокращении добычи подземных вод в Дзержинске привело к серии катастрофических карстовых провалов в городском округе. Долговременный подъем уровня в реке Оке вызовет новую активизацию обоих процессов: 1) нарушится режим течения подземных вод, 2) увеличится мощность зоны агрессивных пресных грунтовых вод, подстилаемых водорастворимыми грунтами.

Планируемый подъем уровня воды в реке Оке приведет к активизации карста вдоль всей береговой линии в границах городского округа г. Дзержинска, а также на участках древних и современных карстовых провалов, попадающих в зону подпора.

3. К западу от г. Дзержинска существует высокий риск развития оползневых процессов. Оползневые процессы разовьются не только по берегам Оки (опасный участок приурочен к пос. Желнино), но и по левому берегу притока Оки - реке Совец: опасным здесь является участок, на котором расположен поселок Решетиха и участок федеральной железной дороги «Москва-Нижегород»).

4. В восточной части городского округа расположено несколько химических предприятий, с которыми связаны долгоживущие очаги загрязнения грунтов и подземных вод. Об этом свидетельствует многолетний мониторинг состояния недр и подземных вод, проводимый в этом районе специалистами ОАО «Волгагеология». При подтоплении территорий в восточной промзоне подземные воды будут выносить на поверхность и в поверхностные водные объекты опасные загрязняющие вещества, которые с поверхностными потоками будут попадать в реку Оку, а также в колодцы населенных пунктов.

5. Повышение уровня пресных подземных вод в зоне залегания сульфатных грунтов на правом берегу р. Волги в районе проектируемого низконапорного гидроузла усилит гидродинамические и гидрохимические предпосылки активизации здесь карста при создании искусственного подпора речными водами грунтовых вод на участке слияния Волги с погребенной древней речной долиной. Учитывая, что режим наполнения и попусков воды в(из) водохранилища ННГУ планируются в динамичном внутригодовом режиме, активная гидравлика интенсифицирует процесс растворения коренных сульфатсодержащих пород основания на участке впадения в р. Волгу р. Жужлы. При создании ННГУ в толще гипс-

ангидритовых пород здесь начнут формироваться новые полости, поглощающие речной сток и приводящие к потерям уровня воды в водохранилище ННГУ, что **сделает бессмысленными миллиардные инвестиции в данный проект.**

6. Мировой и отечественный опыт сооружения гидротехнических сооружений свидетельствует о том, что эти объекты нельзя возводить на водорастворимых грунтах в тектонически ослабленных зонах и зонах активного карста. *(Именно такие условия характерны для Дзержинского и южной части Балахнинского городских округов).* Изменения режима течения подземных вод и физико-химической обстановки в подземных водных коллекторах в зоне подпора будет способствовать **активизации карстово-суффозионных процессов, что представляет непредсказуемую угрозу разрушения инженерно-хозяйственных сооружений и, что наиболее опасно – угрозу жизни людей.**

Любые гидродинамические способы защиты территорий от подъема уровня подземных вод (такие, как скважинные дренажи) в рассмотренных условиях не эффективны и опасны, поскольку в еще большей степени содействуют активизации карста.

7. С планируемым повышением уровня воды в Волге и Оке будет связано не только подтопление освоенных территорий, активизация опасных геологических процессов, загрязнение участков водозаборов подземных вод, но и **уменьшение ресурсного потенциала рек**, вследствие сокращения разгрузки в них подземных вод. Питание Оки за счет подземных вод в границах городского округа г.Дзержинска сократится на 25 %.

8. Среднепогодный уровень воды на Оке и Волге остается практически неизменным на протяжении всего периода гидрологических наблюдений. Главная причина обмеления судоходных рек – накопление мощных русловых наносов.

Строительство плотин (с благой целью поднять уровень воды на обмелевших участках реки, по причине накопления в русле реки мощных наносов) из-за потерь важнейшей составляющей баланса питания реки за счет разгружающихся в нее подземных вод со временем **приводит к еще большему обмелению реки и уменьшению ее стока в зоне искусственного подпора и на всем протяжении русла реки ниже подпорного гидротехнического сооружения.**

По причине низкого гидропотенциала **равнинных участков** равнинных рек и комплекса тяжелых негативных экологических последствий (в их числе в первую очередь потеря рекой ее водоресурсного= потенциала) в мировой водохозяйственной практике на **равнинных участках** равнинных судоходных рек плотины и водохранилища не сооружаются, а те, что были сооружены в начале прошлого столетия, в настоящее время демонтируются.

9. Повышению ресурсного потенциала рек Волга и Ока, постоянно питаемых в среднем и нижнем течении подземными водами, будут способствовать **плановые многолетние дноуглубительные работы** - очистка русла рек от наносных песчаных осадков с целью обеспечения беспрепятственной разгрузки подземных вод в реки и активизации естественного пополнения водных ресурсов рек.

Методика планомерной постоянной очистки русла рек подтверждена мировым опытом, а также отечественной практикой двух предшествующих столетий. Такой метод трудоемок и дорог, но в долгосрочной перспективе эффективен и экологически безопасен. Его применение обеспечивало беспрепятственное движение большегрузных судов по Волге от Ярославля до Астрахани с 19-го века до начала 90-х годов 20-го века *(в период 90-х годов был нанесен урон не только экономике государства, но и природным объектам, обеспечивающим устойчивое развитие страны, в том числе и великим рекам России).*

Литература

1. Ведехина И.М., Злобина В.Л. Трансформация свойств подземной гидросферы на закарстованной территории. // ГЕОРАЗРЕЗ - Электронное научное издание (<http://georazrez.uni-dubna.ru>) Выпуск 2009 №1. С.1-11.
2. Данилов-Данильян В.И., Хранович И.Л. Управление водными ресурсами. Согласование стратегий водопользования. - М.: Научный мир, 2010. - 232 с.
3. Злобина В.Л. Влияние эксплуатации подземных вод на активизацию карстово-суффозионных процессов – М.: Наука, 1986 – 133с.
4. Лавринович М.В. Водные ресурсы западной Европы и их современное состояние // Минск,Издательство: БГУ, 2002 г., 62 с.
5. Малик Л.К. Чрезвычайные ситуации, связанные с гидротехническим строительством ретроспективный обзор. \ М., Гидротехническое строительство. – 2009. – № 12, с.2-16.
6. Никитин, М.Р. Оценка влияния водохранилища на гидрогеологические условия / М.Р. Никитин. – М.: Наука, 1990. – 94 с.
7. Полшкова И.Н., Резник Д.А. Оценка ущерба подземной составляющей речного стока в условиях регионального водоотбора методом математического моделирования // Разведка и охрана недр , 2009, №1, с.40-45.
8. Попов А.Н., Штыков В.И. О ликвидации прудов, малых, средних водохранилищ с последующей рекультивацией ложа и береговой полосы - Екатеринбург: ФГУП РосНИИВХ, 2013. - 112 с. ил.
9. Толмачев В.В. Леоненко М.В. О классификации закарстованных территорий по провальной опасности. // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2005. №2. С. 11-14.
10. Хоменко В.П. Причины и механизм карстового провалообразования на территории г. Дзержинска Нижегородской области // Карстоведение — XXI век: теоретическое и практическое значение: Материалы международного симпозиума (25-30 мая 2004 г.). Пермь, 2004, с.208-212.
11. Хоменко В.П., Алёшина Л.А. Оценка карстовой опасности для объектов промышленного и гражданского строительства в условиях нарушенного гидрогеологического режима. // Промышленное и гражданское строительство. 2005, № 6, с.16-17.
12. Шешеня Н.Л. Аварийные ситуации на строительных объектах России в результате проявлений опасных природных и техногенных процессов // М., ГЕОРИСК, 2010, с.56-68