

УДК 556.3

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОГО ВЛИЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗЕЛЕНОДОЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ЭКОСИСТЕМЫ ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ЗАПОВЕДНИКА: ПРОТИВОРЕЧИЯ И КОМПРОМИССЫ

© 2015 г. Т. В. Гараева*, А. А. Жоров**, О. А. Олиферова*

*ЗАО “ГИДЭК”, ул. 15-я Парковая, д. 10А, Москва, 105203 Россия. E-mail: info@hydec.ru

**ООО “Бранан Энвайронмент”,

ул. Сходненская, д. 56, БЦ “Калейдоскоп”, оф. 5.01, г. Москва, 125363 Россия.

E-mail: aaj@branan.ru

Поступила в редакцию 12.02.2015 г.

На базе специально разработанной гидродинамической схемы взаимодействия подземных и поверхностных вод для территории Зеленодольского месторождения пресных подземных вод методом математического моделирования оценено влияние максимального проектного водоотбора на уровни подземных вод, баланс озер и растительность территории Волжско-Камского заповедника. Обосновано отсутствие такого влияния при освоении первой очереди месторождения, рекомендована дальнейшая схема освоения месторождения по результатам мониторинга состояния окружающей среды.

Ключевые слова: прогнозное моделирование, оценка запасов, Зеленодольское месторождение, Волжско-Камский заповедник, понижение уровня, баланс озера.

Оценка возможного влияния проектных водозаборов подземных вод на природную среду – одна из задач, решаемых при оценке эксплуатационных запасов подземных вод (ЭЗПВ), особенно актуальная для проектных водозаборов, в области влияния которых расположены особо охраняемые территории – заповедники, заказники и т.д. В этих случаях при обосновании схем водоотбора природоохранные ограничения являются определяющими. Научно-прикладные и управленческие аспекты данной проблемы рассматриваются в настоящей статье на примере Зеленодольского месторождения подземных вод, разведанного для водоснабжения г. Казани, участки которого непосредственно граничат с Волжско-Камским государственным природным биосферным заповедником (ВКГЗ).

Опыт исследований влияния водоотбора подземных вод на природные экосистемы. Среди территорий-аналогов, близких по природным условиям к территории ВКГЗ и сходных по постановке проблемы (риск иссушения почв из-за водоотбора и водоотлива), можно выделить всесторонне исследованные районы Германии: Фурбергское Поле, Люнебургская Пустошь, Гессенские Плавни, долина р. Лойзах с водозабором

Оберау, залесенные террасы р. Рейн с водозабором Гартвальд, район угледобычи и интенсивного водоотлива Гарцвайлер в бассейне р. Эрфт; а также Голландии, где даже была принята национальная программа по борьбе с иссушением и восстановлению влажных экосистем. Максимум внимания к экологическим проблемам в районах водоотбора в Германии пришелся на 70–80-е годы минувшего столетия, а в Голландии захватил и 1990-е. Опыт исследований в Германии и Голландии детально проанализирован [3, 4], а в сжатом виде представлен в статьях А.А. Жорова [5, 6]. В настоящее время острота проблем сгладилась, поскольку многолетние наблюдения не выявили значительных изменений экосистем. Впрочем, продолжение эксплуатации угольных разрезов Гарцвайлер при значительном водоотливе сопровождается водохозяйственными мероприятиями по компенсации всех негативных эффектов для ценных экосистем и комплексным мониторингом окружающей среды. В 2010 г. для поддержания водного режима влажных местообитаний было направлено 67 млн м³ вод, откачиваемых при эксплуатации разрезов; в 2012 г. эта величина достигла 72 млн м³. Наблюдения за составом растительных сообществ проводятся почти на 300 постоянных площадках, сгруппированных по

12 блокам долинных местообитаний в зоне влияния карьерных разработок на площади примерно 15 × 20 км [12, 13].

Известны примеры повреждения пойменных лесов вблизи размещенных в них эксплуатационных скважин Больше-Суходольского, Ольховского и Кондрашевского водозаборов, расположенных на пойме Северского Донца в Ростовской и Луганской областях при близком к поверхности положении уровня первого от поверхности водоносного горизонта в естественных условиях. На Ольховском, Кременском и Лисичанском водозаборах в тех же условиях искусственное пополнение речной водой крупных пойменных озер оказалось очень эффективным для сохранения и оздоровления лесов [10, 11].

Изучение территорий-аналогов позволяет сформулировать общие закономерности влияния водоотбора на природные экосистемы, особенно при наличии материалов комплексных наблюдений за состоянием окружающей среды с начала водоотбора, что бывает крайне редко:

1. Запланированное освоение месторождений подземных вод проводилось, несмотря на противоречия с интересами лесного, сельского хозяйства и охраны природы. Компромисс достигался путем уступок при определении величины водоотбора и изменения схемы водозаборов, обосновании и осуществлении компенсационных и профилактических мероприятий.

2. Степень воздействия водоотбора на окружающую среду зависит от локальных гидрогеологических и ландшафтных условий. Главное значение имеет взаимосвязь водного режима корнеобитаемого слоя и целевых водоносных горизонтов.

3. Зоны возможного влияния проектного водоотбора приурочены к областям с неглубоким залеганием уровня подземных вод (в основном к речным долинам). Междуречные поверхности, в пределах которых уровень грунтовых вод залегает глубоко, не испытывают влияния от водоотбора в любых масштабах независимо от величины снижения уровня грунтовых вод.

4. При скорости снижения уровня грунтовых вод более 30 см/год корневые системы деревьев не успевают приспосабливаться к изменяющимся условиям увлажнения; при скорости < 30 см/год средневозрастные насаждения и подрост адаптируются к новым условиям увлажнения – это наблюдается до нижней границы корнеобитаемого слоя. Деревья молодых групп возраста менее под-

вержены водному стрессу, чем приспевающие и спелые.

5. Самые существенные изменения в экосистемах происходят после сухих лет, когда растительный покров не восстанавливается после суммарного водного стресса (осадки + водоотбор или другие факторы, уменьшающие увлажнение).

6. Даже в естественных условиях растительные сообщества по-разному реагируют на изменение увлажнения. Необходимо различать флуктуации растительных сообществ в зависимости от выпадения осадков и тренды их направленной трансформации, что может быть сделано только в результате многолетних наблюдений.

7. Освоение месторождений подземных вод производится поэтапно и сопровождается комплексными наблюдениями (мониторингом) окружающей среды. Если наблюдения свидетельствуют об отсутствии воздействия на этапах пробной эксплуатации и освоения первой очереди, то возможно приступить к освоению последующих очередей.

8. Любые негативные последствия для окружающей среды в результате водоотбора могут быть компенсированы, причем часто экономичным способом (путем сброса подземных вод в водоемы или регулирования поверхностного стока). Компенсирование или даже профилактика последствий оказываются дешевле борьбы с ними.

Зеленодольское месторождение подземных вод располагается к западу от г. Казани (практически примыкает к городу) в междуречье рек Казанка и Илеть и приурочено к палеоврезу, заполненному древним плиоценовым аллювием пра-Волги (рис. 1). Палеодолина представляет собой протяженную довольно широкую (3–7 км), извилистую полосу с глубиной эрозионного вреза от 80 до 200 м. Подземные воды, приуроченные к песчаным отложениям палеодолины, представлены пресными водами с минерализацией преимущественно 0.2–0.3 г/л. Плиоценовые палеодолины “вложены” в терригенно-карбонатную толщу верхнепермских отложений, представленную трещиноватыми мергелями, песчаниками, известняками и доломитами (рис. 2).

Непосредственно на территории Зеленодольской палеодолины расположен Волжско-Камский государственный природный биосферный заповедник (ВКГЗ) – особо охраняемая природная территория, где запрещена любая деятельность, противоречащая задачам заповедника. В связи с этим, в процессе оценки ЭЗПВ Зеленодольского

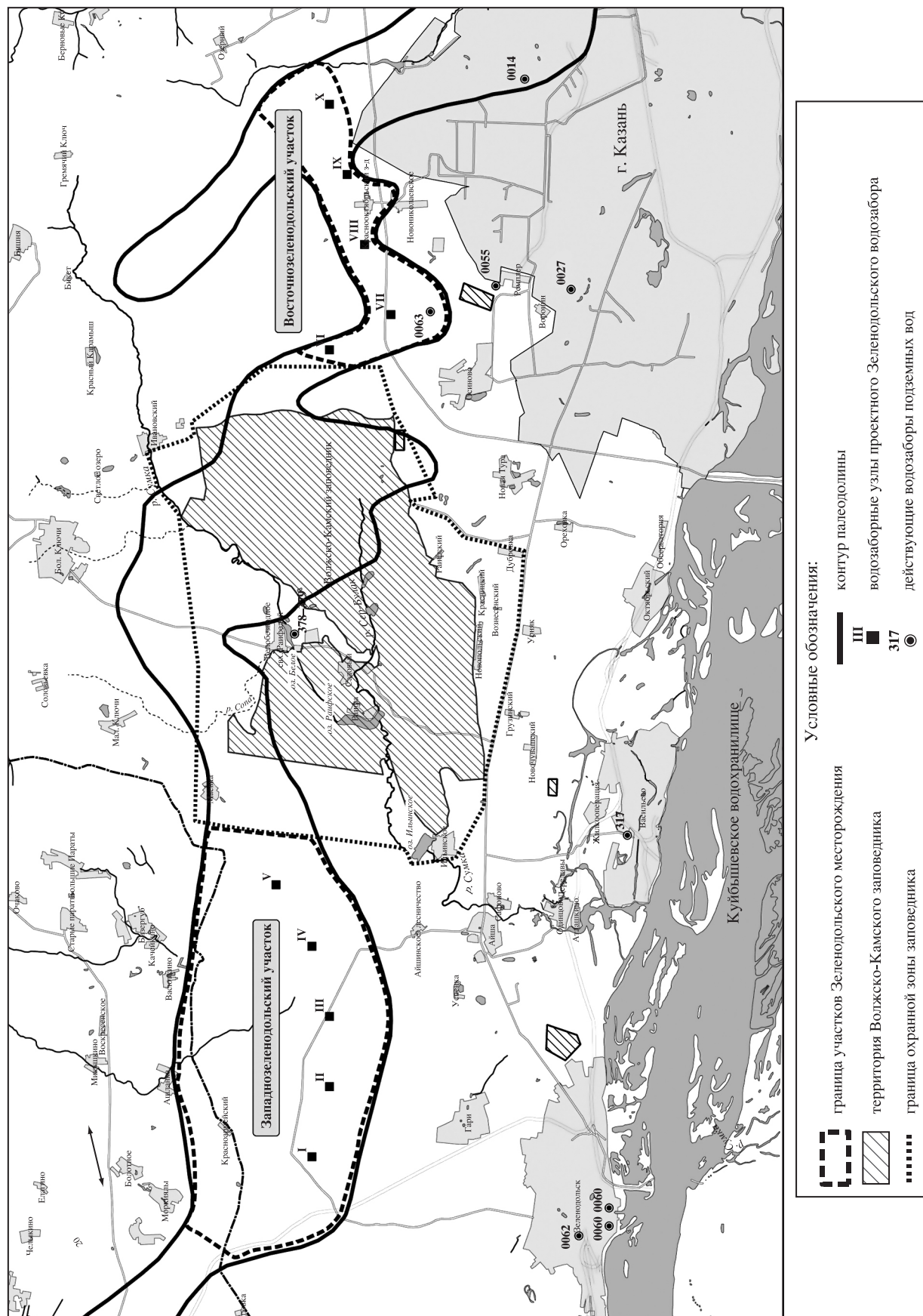


Рис. 1. Схема расположения участков Зеленодольского месторождения подземных вод и Волжско-Камского заповедника.

месторождения, выполненной ЗАО “ГИДЭК” в 2010 г., центральная и большая часть палеодолины, расположенная на территории заповедника, была исключена из расчетной схемы водозабора, и в пределах палеодолины было выделено два перспективных для размещения проектных водозаборов участка – Западно-зеленодольский и Восточно-зеленодольский (см. рис. 1). Оценка эксплуатационных запасов подземных вод Зеленодольского месторождения выполнена методом математического моделирования на специально разработанной численной модели с учетом гидродинамических, гидрогеохимических и **природоохранных ограничений** (обоснование отсутствия влияния эксплуатации проектных водозаборов на водный баланс поверхностных вод и природные ландшафты территории ВКГЗ) [7]. Запасы месторождения были оценены в количестве 200 тыс. м³/сут (категория С₂), при этом территория ВКГЗ и его охранные зоны были исключены из площади месторождения. Освоение месторождения предполагается выполнить в несколько стадий, по мере обоснования водопотребления растущих в западном направлении новых районов г. Казани.

Природа ВКГЗ и роль заповедника в сохранении окружающей среды. Заповедник создан 13 апреля 1960 г., имеет международный статус биосферного резервата ЮНЕСКО с 2004 г. Площадь ВКГЗ составляет 6 тыс. га, а площадь его охранной зоны – 15 тыс. га, при этом лесопокрываемая площадь превышает 90%. Заповедник – место концентрации редких видов живых организмов, целый ряд которых за пределами заповедника для территории Татарстана более неизвестен. В заповеднике сохранились ценнейшие по своей биологической продуктивности генотипы древесных растений. В некоторых елово-сосновых насаждениях запасы древесины достигают рекордного показателя в поволжском регионе – 820 куб. м/га. Вошедшие в состав заповедника бывшие леса Раифского монастыря – старейшие на всем протяжении от Москвы до Урала, в них сохранились насаждения 200–250-летнего возраста. Сохранению таежных видов способствовали как особенности мезорельефа (Раифский участок заповедника занимает крупное котловинообразное понижение), так и то, что леса принадлежали монастырю и не подвергались рубкам главного пользования с XVI в.

В геоморфологическом отношении ВКГЗ расположен на среднечетвертичной террасе р. Волга. Заповедник занимает котловинообразное понижение, заполненное древнеаллювиальными отложе-

ниями, склоны котловины осложнены древними эрозионными, провальными и эоловыми формами рельефа. Абсолютные отметки занимающих центральную часть понижения речных долин – 64–66 м, северо-западные и юго-восточные участки ВКГЗ характеризуются наибольшими высотами 105–110 м.

Поверхностные воды ВКГЗ и его охранной зоны представлены р. Сумка (длина реки 37.5 км; протяженность по территории заповедника – 3.4 км), ее притоком р. Сер-Булак (длина реки 11.5 км; в пределах заповедника – 6.4 км) (см. рис.1).

Река Сумка имеет пологонаклонную долину, включающую пойму и низкую позднечетвертичную надпойменную террасу. В долине реки расположены карстово-суффозионные озера, наиболее крупные и глубокие из которых – Белобезводное, Раифское и Ильинское. Обычно в начале июня в среднем и нижнем течении река пересыхает.

Река Сер-Булак протекает через заповедные озера Линево, Карасиха, Казанское и Круглое. С древней долиной Сер-Булака связано заповедное оз. Долгое. Бассейн р. Сер-Булак практически полностью залесен. Река течет в широкой (2–5 км) наклонной долине. По эрозионной сети бассейна р. Сер-Булак происходит сброс поверхностных вод с освоенных территорий (сельскохозяйственные земли и объекты, пос. Осиново, федеральная трасса М7 и др.), с чем связаны серьезные угрозы экосистемам заповедника. Так, в результате аварийного сброса вод Казанской птицефабрики (пос. Осиново) в р. Сер-Булак в июне 1986 г. были затронуты гидроморфные экосистемы бассейна реки, а в оз. Линёво произошла массовая гибель гидрофауны. После экстремально высокого загрязнения водоема зоопланктонное сообщество постепенно восстановилось к 1998–2000 гг.

Оригинально распределение лесных экосистем по территории ВКГЗ. Если продвигаться от южной опушки Раифского леса в северном направлении, то на протяжении всего в 4–5 км последовательно сменяют друг друга сначала полоса широколиственных лесов из дуба и липы, затем полоса смешанного леса, где в состав древостоев уже добавляется ель, далее – сосна, затем хвойные леса из ели, пихты и сосны и, наконец – чистые сосновые леса. Здесь на отрезке в 4–5 км проявлена вся широтная зональность лесной полосы Европейской России, обычно прослеживаемая на протяжении сотен километров. Тут проходит южная граница распространения ели и пихты в европейской части и северная – дуба, сочетаются формации 3-х

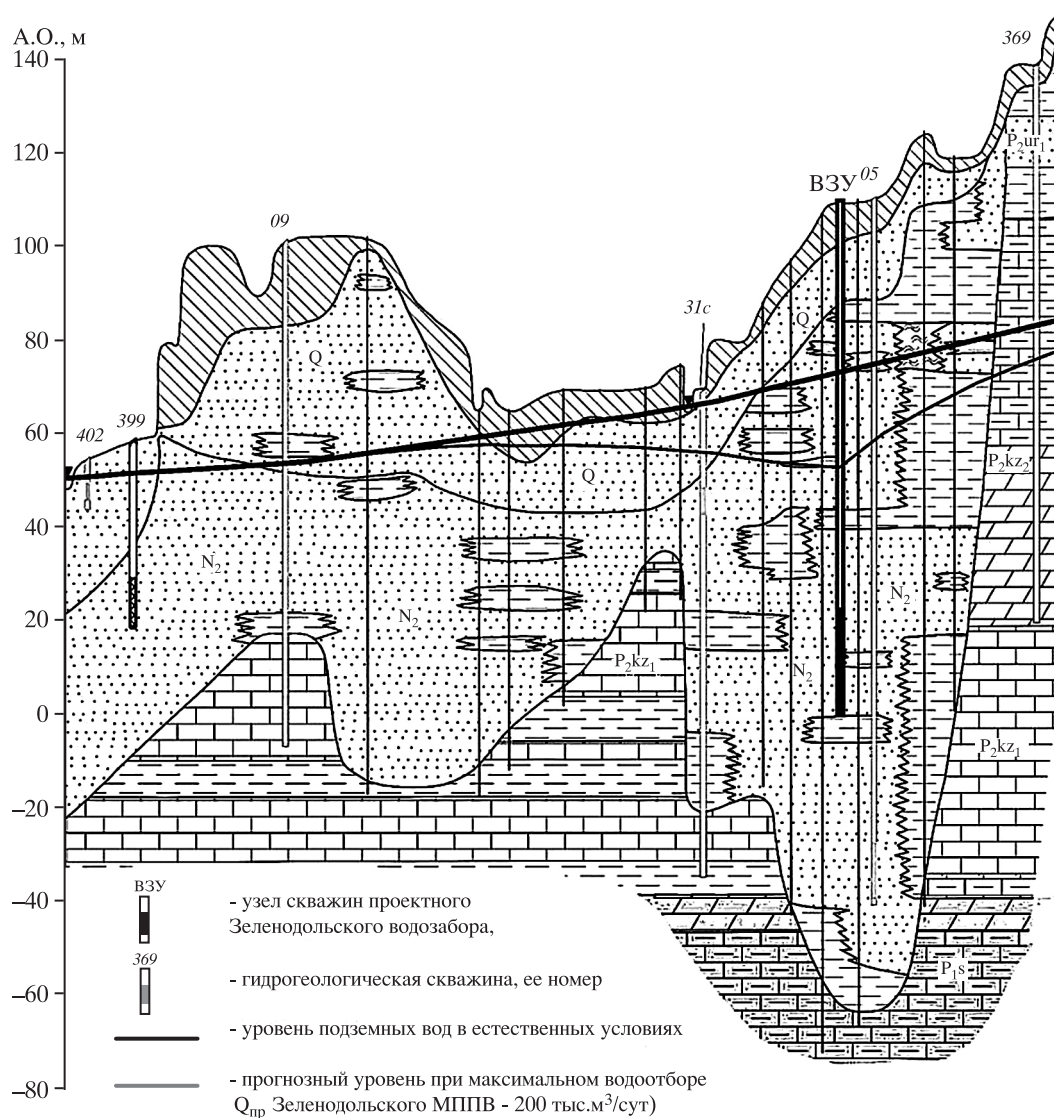


Рис. 2. Гидрогеологический разрез Зеленодольского месторождения подземных вод.

лесных зон европейской части России – южной тайги, смешанных и широколиственных лесов.

На территории ВКГЗ охраняются: сосудистые растения – 850 видов, мхи – 170, водоросли – 150, лишайники – 120, грибы-макромицеты – 750, млекопитающие – 56, птицы – 200, пресмыкающиеся – 6, земноводные – 10, рыбы – 30; несколько тысяч видов беспозвоночных. Из них в Красную книгу России занесены: 3 вида растений, 9 видов грибов и 11 видов животных; а в Красную книгу Татарстана: растений – 156, грибов – 27, животных – 128. ВКГЗ играет важную роль в сохранении водно-болотных угодий и влаголюбивых видов растений и животных Татарстана [1]. К началу XXI в. из фитоценозов болот Татарии исчезло 12 видов сосудистых растений, еще 13

видов известны по одному-двум местонахождениям.

На территории ВКГЗ более 200 лет назад обитал речной бобр, затем он исчез, а в 1996–1999 гг. был реаклимицирован и расселился по территории. Так, выпущенные в оз. Линёво, бобры мигрировали по р. Сер-Булак на расстояние более 4 км. Одна из задач реаклимициции формулировалась как решение проблем регуляция поверхностного стока заповедных рек посредством возведения бобрами плотин. В результате мелиоративной деятельности бобра на Раифском участке каскад из 3-х бобровых плотин в период весеннего половодья задерживает 4.3 тыс. т взвешенных веществ. Если учесть, что сейчас уже существует порядка 50 плотин, общее количество взвешенных ве-

ществ, удерживаемых бобровыми плотинами, превысит 200 тыс. т. В результате наблюдений за морфометрическими показателями отмечена общая позитивная тенденция снижения темпов заиливания озер, которую связывают с расселением бобра.

Таким образом, основные особенности природы и обустройства ВКГЗ.

1. Уникальное местоположение на границе природных зон; длительное существование без явного антропогенного воздействия; необходимость сохранения уникальных экосистем заповедника.

2. Контрастность условий грунтового увлажнения – преобладающие по площади автономные местообитания и влаголюбивые сообщества по днищам долин временных водотоков и овражно-балочной сети.

3. Зависимость циклов жизни от условий увлажнения разных лет – природа приспосабливается к цикличности условий увлажнения.

4. Роль реaclиматизированных бобровых семейств в стабилизации стока в бассейне р. Сер-Булак. В подпоре бобровых плотин образуются пруды, определяющие режим увлажнения на прилегающей территории.

Территория ВКГЗ представляет собой полигон развернутых исследований экосистем, охватывающих практически все элементы природной среды. В рамках программы “Летопись природы”¹ на территории заповедника ведется мониторинг, цель которого – получение оперативной информации о состоянии природных комплексов заповедника и их отдельных компонентов, а также многолетних рядов непрерывных наблюдений, характеризующих долговременные изменения состояния природной среды, происходящие без прямого воздействия хозяйственной деятельности. Вместе с тем, данные мониторинга позволили определить основные техногенные факторы воздействия на природу ВКГЗ:

- общий антропогенный пресс, связанный с достаточно изолированным положением заповедника среди освоенных территорий;
- потенциальные источники загрязнения – промышленные, сельскохозяйственные и транспортные объекты, находящиеся выше по рельефу на территории, прилегающей к пос. Осиново, от которых по эрозионной сети загрязняющие вещества

могут попадать в экосистемы заповедника и оказывать губительное воздействие на биоту;

- сельскохозяйственная деятельность к северу от заповедника, приводящая к активизации смыва почв и заносу озер ВКГЗ;
- повышение трофности экотопов – главная причина вымирания бореальных видов на южной границе лесной зоны;
- несанкционированное пребывание посетителей, браконьерство, пожары; из 39 зарегистрированных пожаров на территории ВКЗ с момента его основания, 64% имели антропогенное происхождение.

Влияние проектного водоотбора подземных вод на водный режим рек, озер и болот ВКГЗ.

Основой для выполнения такой оценки послужила специально разработанная гидродинамическая схема взаимодействия подземных и поверхностных вод территории заповедника и его охранной зоны. При обосновании гидродинамической схемы использовали данные о поверхностных водах территории заповедника, приведенные в статьях и монографиях А.С. Тайсина, Н.М. Мингазовой, Е.Н. Унковской, Л.Р. Павловой [8, 9], детальные карты гидроизогипс и глубин залегания подземных вод масштаба 1:50000 этой территории и батиметрические планы озер. В результате, условия взаимосвязи подземных и поверхностных вод территории заповедника были охарактеризованы следующим образом:

1. Поверхностные воды на территории заповедника и его охранной зоны представляют собой единую озерно-речную систему, основные реки которой – р. Сумка, ее приток р. Сер-Булак, а также расположенные в их долинах карстово-суффозионные озера Белобезводное, Черное, Раифское, Ильинское, Илантово, Крутое, Шатуниха, Казанское, Круглое, Долгое.

2. Реки Сумка и Сер-Булак на рассматриваемой территории – “сухие реки”, поскольку практически в течение всего года гидравлически не связаны с подземными водами.

3. Постоянные водотоки на рассматриваемой территории в течение всего года – нижнее течение р. Сумки (ниже оз. Ильинское), а также озера Белое, Раифское и Ильинское.

4. Уровни воды в оз. Раифское и Белое выше, чем уровни подземных вод, перепад напоров составляет около 2 м, следовательно, питание озер осуществляется не за счет подземных вод, а за счет поверхностных вод, в основном в период па-

¹ Летопись природы ВКГПЗ. Книга 50. 202. 264 с. // http://vkgz.ru/useruploads/files/Letopis_VKGPBZ_2012.pdf

водков. Так, например, в оз. Раифское в течение паводка поступает около 10 млн м³ воды, а объем воды в озере в 4 раза меньше – 2.4 млн м³. В районе оз. Ильинское уровни подземных и поверхностных вод совпадают.

5. Придонные отложения озер, определяющие фильтрационное сопротивление ложа водотоков, имеют глинистый состав и достигают мощности 5 м. Эти данные приведены в монографии А.С. Тайсина [8], в которой рассмотрены вопросы деградации водоемов Раифы в результате аккумуляции в них суглинистого и глинистого материала, приносимого паводковыми водами.

На основе разработанной гидродинамической схемы взаимодействия подземных и поверхностных вод территории заповедника (уровни в реках и озерах, уровни подземных вод, ориентировочные параметры придонных отложений озер) на математической геофильтрационной модели Зеленодольского месторождения была подробно задана его верхняя граница и выполнены прогнозные расчеты разных схем эксплуатации подземных вод с оценкой возможного изменения водного баланса озер территории ВКГЗ.

По результатам моделирования получено, что **в естественных условиях**, какими в настоящее время являются гидрогеологические условия на территории заповедника, условия питания озер можно характеризовать следующим образом (рис. 3):

– оз. Раифское при превышении уровня воды в нем над уровнем подземных вод 2 м и фильтрационным сопротивлением ложа озера $5 \cdot 10^{-4} \text{ сут}^{-1}$ не получает питание за счет подземных вод, а расчетная величина среднегодового расхода воды из озера в водоносный горизонт составляет 200 м³/сут.; величина оттока в естественных условиях составляет 3% от объема воды озера 2.4 млн м³, восполнение оттока происходит ежегодно в период паводка;

– оз. Белое при перепаде напоров 2 м и сопротивлении $5 \cdot 10^{-4} \text{ сут}^{-1}$ также не получает питание за счет подземных вод, полученная при моделировании расчетная величина расхода воды из озера в водоносный горизонт мала – ниже точности гидродинамических расчетов;

– оз. Ильинское по условиям формирования стока отличается от Раифского и Белого; оно находится в низовьях р. Сумки близко от зоны региональной разгрузки подземных вод – прибрежной зоны Куйбышевского водохранилища. Уровни подземных вод выше воды в озере, расчетный

расход разгрузки подземных вод в оз. Ильинское, полученный при моделировании, составил 130 м³/сут.

Для оценки влияния водозаборов на водный баланс озер на Зеленодольском месторождении была решена серия прогнозных вариантов, в которых проектная нагрузка последовательно увеличивалась от 20.0 тыс. м³/сут (I очередь освоения месторождения – проектный узел VIII – см. рис. 1) до 200.0 тыс. м³/сут (полное освоение месторождения). В результате моделирования I очереди освоения месторождения прогнозные понижения в эксплуатируемом водоносном горизонте на участке Восточно-зеленодольского водозабора составили 5.2 м, а в первом от поверхности водоносном горизонте, связанном с озерами на Раифском участке заповедника, составили вблизи оз. Раифское – 0.3 м, оз. Ильинское – 0.1 м, оз. Белое – 0.6 м. Следует отметить, что полученные прогнозные величины характеризуют предельные понижения, которые сформируются в течение длительного, практически неограниченного периода эксплуатации. Вместе с тем, депрессионная воронка развивается постепенно и достигает своего предельного понижения через несколько десятилетий эксплуатации.

Расчетные фильтрационные потери из озер, полученные при моделировании на Восточно-зеленодольском участке прогнозного водозабора 20.0 тыс. м³/сут, составили для: оз. Раифского – 540 м³/сут (изменение относительно естественных условий 340 м³/сут), оз. Ильинского – 50 м³/сут (разгрузка в озеро прекратилась, расход из озера 180 м³/сут) и оз. Белого – 30 м³/сут (изменение – 20 м³/сут). В этом случае, даже самая большая величина фильтрационных потерь, полученная для оз. Раифское 340 м³/сут, составляет всего 5% от объема воды в нем (2.4 млн м³). Следует отметить, что величина потерь рассчитана по достаточно “жесткой” гидродинамической схеме, в которой не учтено внутригодовое движение влаги в зоне аэрации.

Таким образом, эксплуатация водозабора на Восточно-зеленодольском участке с проектным дебитом 20.0 тыс. м³/сут практически не скажется на формировании водного баланса озер Раифского участка, поскольку полученные при моделировании расчетные уровни первого от поверхности водоносного горизонта не снижаются ниже дна озер, а фильтрационные потери, составляющие меньше 5% от объема воды в озерах, будут ежегодно компенсироваться в период прохождения паводка.

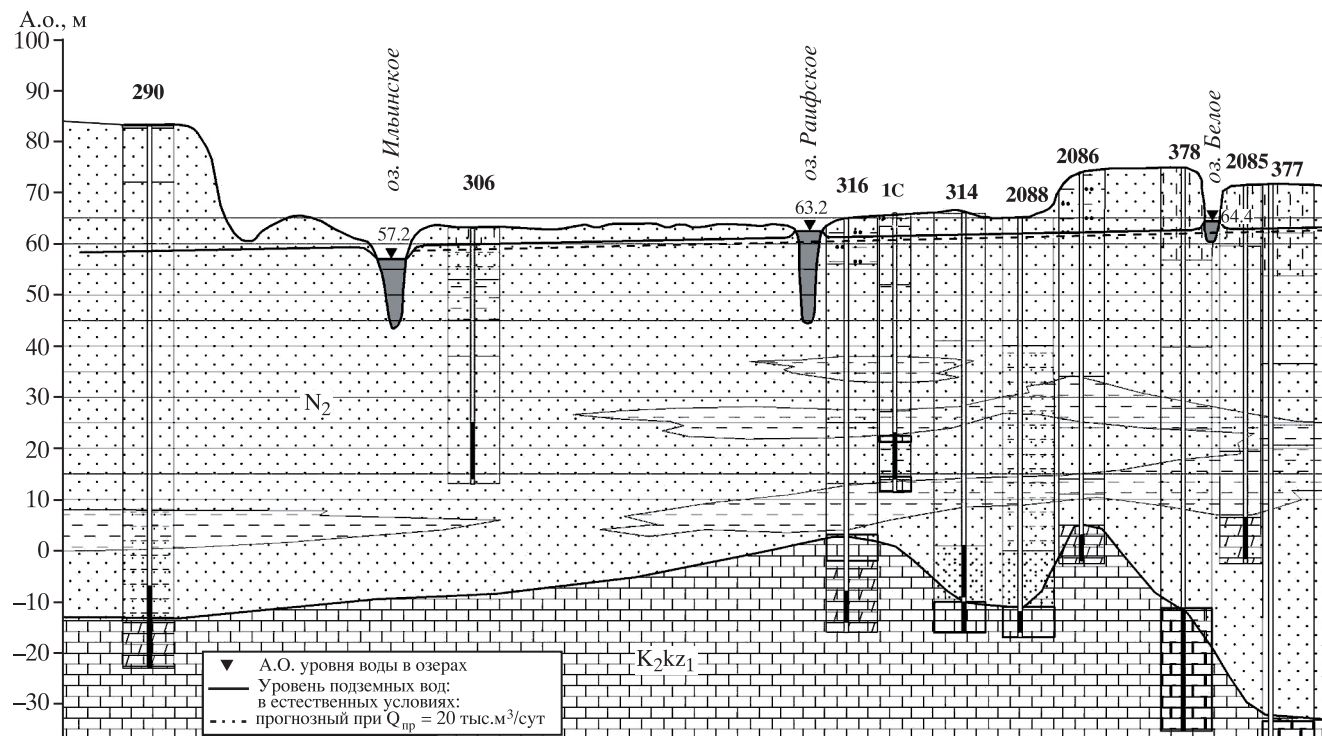


Рис. 3. Гидродинамический профиль по долине р.Сумка на территории Волжско-Камского заповедника.

При увеличении эксплуатационной нагрузки на Зеленодольском месторождении в результате ввода в эксплуатацию новых водозаборных узлов скважин будет происходить углубление депрессионной воронки. При полном освоении Зеленодольского месторождения с проектным дебитом 200 тыс. м³/сут, согласно результатам моделирования, на территории месторождения сформируется единая депрессионная воронка с прогнозными понижениями на водозаборных участках 13.6–19.2 м. Прогнозная депрессионная воронка, соответствующая максимально возможному на рассматриваемой территории водоотбору, – плоская, а прогнозные уровни расположены в песчаных отложениях неоген-четвертичного возраста. Вместе с тем, на участках, где развита голоценовая пойменная терраса (и расположены озера и болота) в разрезе четвертичных отложений присутствуют в основном суглинистые и глинистые отложения, в которых и находится уровень грунтовых вод. В этом случае при больших понижениях в эксплуатируемом пласте произойдет отрыв уровней, и создастся ситуация, когда уровни грунтовых вод не будут зависеть от понижений в эксплуатируемом пласте. При этом в балансе озер прогнозируются следующие изменения:

– уровни подземных вод опустятся ниже дна оз. Белое, и фильтрационные потери из него в условиях отрыва уровня составят 120 м³/сут (дож-

девание), для всех последующих прогнозных вариантов эта величина останется неизменной;

– фильтрационные потери из оз. Раифское при суммарном водоотборе 200 тыс. м³/сут на 25-летний срок эксплуатации составят 1100 м³/сут (15% от объема воды в озере) и будут ежегодно компенсироваться в период прохождения паводка;

– фильтрационные потери из оз. Ильинское составят 520 м³/сут (23% от объема воды в озере) и будут восполняться за счет паводковых вод (следует отметить, что озеро находится не на территории самого заповедника, а лишь в его охранной зоне).

Таким образом, эксплуатация водозабора на Восточно-зеленодольском участке с дебитом 20 тыс. м³/сут практически не скажется на формировании водного баланса озер территории заповедника, а расчетные величины потерь при прогнозируемом водоотборе 200 тыс. м³/сут будут ежегодно компенсироваться в период прохождения паводков, эти потери можно легко компенсировать подачей воды из одной скважины в прибрежные зоны.

Влияние проектного водоотбора подземных вод на состояние растительности в пределах ВКГЗ. Для решения этой задачи разработана схема районирования территории ВКГЗ по

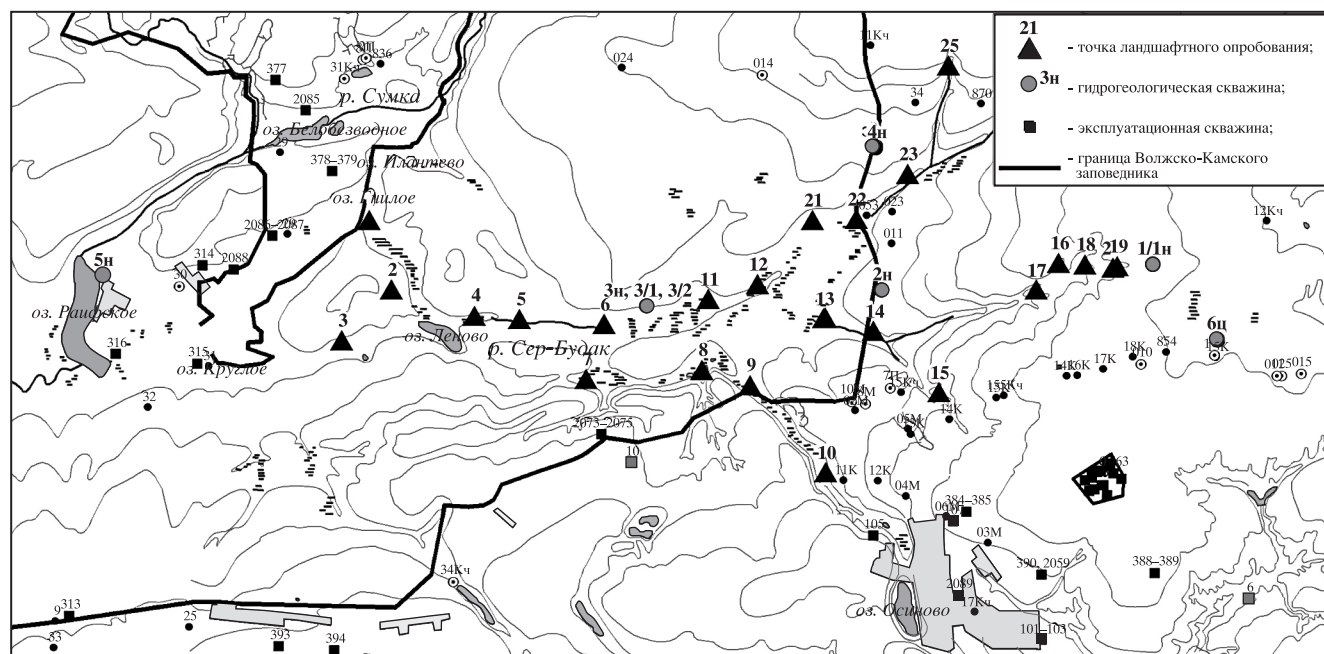


Рис. 4. Схема ландшафтного опробования на территории Волжско-Камского заповедника.

режиму водного питания растений в естественных условиях, зависящему от граничной глубины залегания грунтовых вод (сумма глубины расположения корней растений и высоты капиллярного поднятия). Глубина залегания подземных вод на территории заповедника определяется в первую очередь рельефом местности и составляет 40–50 м на водораздельных пространствах и 3–5 м в долинах рек Сумка и Сер-Булак. На большей части рассматриваемой территории глубина залегания подземных вод превышает 3.5 м, и соответственно режим водного питания растений **автоморфный**, т.е. не зависит от положения уровня подземных вод. В этих условиях снижение уровня подземных вод не окажет никакого влияния на состояние растительности.

Более чувствительна к снижению уровня подземных вод **гидроморфная** растительность, которая формируется в условиях постоянного или периодического переувлажнения на участках с неглубоким залеганием уровня подземных вод. Такие условия характерны для долин рек Сумка и Сер-Булак, где глубина залегания подземных вод менее 5 м. Гидроморфное сообщество на этом участке заповедника представлено луговой и болотной растительностью, кустарниками, плавнями и т.д. Режим водного питания этих растений определяется, с одной стороны, положением уровня подземных вод, а с другой – аккумуляцией всего поверхностного стока рассматриваемой

территории в понижении рельефа, приуроченно к долинам рек.

Для оценки возможного влияния водоотбора на гидроморфную растительность заповедника необходимы достоверные сведения о строении зоны аэрации и глубины залегания первого от поверхности водоносного горизонта в гидроморфных местообитаниях. Для их получения в августе 2014 г. в рамках работ по переоценке запасов подземных вод Восточно-зеленодольского участка для водоснабжения западной части г. Казани ЗАО “ГИДЭК” проведены специальные исследования по изучению зоны аэрации методом ручного зондирования в комплексе с ландшафтным описанием площадок расположения точек зондирования. Наблюдения в каждой точке включали ручное бурение глубиной до 5 м с литологическим описанием и установлением глубины появления воды, описание ландшафтной ситуации и геоморфологического положения точки, руслового вреза, ботанические описания, отбор проб грунта для определения влажности. Исследования выполнены в 25 точках (рис. 4) в днище долины р. Сер-Булак и на связанных с ней эрозионных формах, а также в ложбине, соединяющей озера Линёво и Гнилое. Данные о строении зоны аэрации в различных местообитаниях были получены по разветвленной субширотной трансекте протяженностью около 10 км, пересекающей Раифскую низину в створе проектируемого водозабора и охватывающей все основные гидроморфные местообитания.

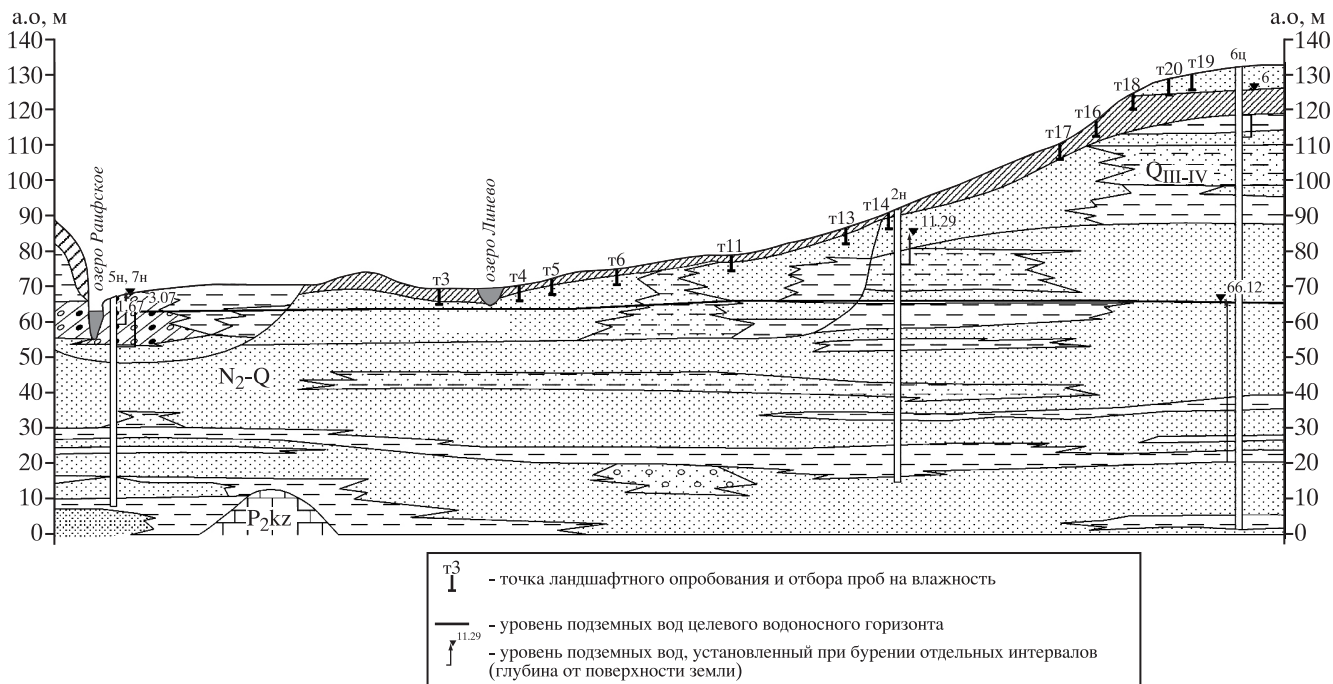


Рис. 5. Профиль ландшафтного опробования по долине р.Сер-Булак.

Результаты наблюдений в точках, расположенных в днище р. Сер-Булак от самых верховьев до створа ниже оз. Линёво, позволяют выделить 3 категории экосистем днищ по отношению к положению первого от поверхности водоносного горизонта (рис. 5).

1. Влажные местообитания, независимые от грунтового увлажнения – точка наблюдения (т.н.) 5. Здесь ширина днища р. Сер-Булак достигает 150 м. Русло естественное, нерегулируемое, сухое, глубина донного вреза достигает 2 м. Днище занято ольшаником с участием высокотрофных влаголюбивых видов в травостое. Появление воды отмечено на глубине 4.2 м. При такой глубине положения уровня фактор грунтового увлажнения не играет роли в поддержании водного режима фитоценоза, а запасы влаги формируются и удерживаются в результате весеннего паводка и летних осадков. Накоплению сезонных осадков способствует наличие суглинистого прослоя на глубине примерно 0.5–1.0 м, пятна оглеения над которым говорят о частом изменении увлажнения.

2. Влажные местообитания с глубиной появления воды в интервале 1.4–2.6 м. Эти точки расположены на пойменных поверхностях или на склоновых шлейфах в створах, где р. Сер-Булак и ее левый приток имеют естественный донный врез. Таковыми являются: т.н. 22 (глубина до воды 2.6 м,

глубина донного вреза – 2 м, на момент наблюдений имеется водоток); т.н. 13 (вода – 2.0 м, врез – 0.5 м); т.н. 6 (вода – 1.8 м, врез – 1.5 м); т.н. 3 (вода – 1.7 м, врез – 0.5 м); т.н. 14 (вода – 1.7 м, врез – 0.2 м местами); т.н. 4 (вода – 1.5 м, врез – 0.5 м); т.н. 24 (вода – 1. м, врез – 0.5 м, точка заложена в самом сухом донном врезе рядом с т.н. 13 на основной поверхности поймы). В составе фитоценозов в перечисленных точках представлены гигро- и мезофиты. Водопроявление на глубине 1.4–2.6 м в указанных местах свидетельствует о возможности поддержания влаги аллювиальными отложениями от момента их полного насыщения до постепенной сработки влагозапасов в течение вегетационного периода. Очевидно, в более сухие годы водопроявление в этих точках может регистрироваться и глубже, тогда водный режим экосистем будет поддерживаться аналогично рассмотренному выше ольшанику в т.н. 5. Об интенсивности аллювиальных и русловых процессов при отложении аллювия свидетельствует, например, наличие 3 погребенных гумусовых горизонтов почв, вскрытых в т. н. 22.

3. Заболоченные местообитания с глубиной появления воды до 1 м. Они расположены на подтопленных участках или на низких прирусловых фрагментарных поймах при наличии воды в русле. В зоне подтопления при перегораживании русла р. Сер-Булак бобровыми плотинами находятся т.н. 11 и 12, а т.н. 10 – в подпоре расположенного

ниже по балке пруда. Эти местообитания заболочены по низинному типу. Их водный режим определяется наличием искусственных водоемов в днище. В точках 23 и 25, находящихся в истоке р. Сер-Булак, в русле реки наличествует стоячая вода. При достаточно глубоком врезе формирование разрозненных участков со стоячей водой может быть обусловлено разгрузкой верховодки в этих местах.

Итак, местообитаниям днищ речных долин и ложбин, потенциально зависимым от первого от поверхности горизонта подземных вод, присущи перечисленные ниже условия.

Местообитания незарегулированных верховьев ложбин и левого притока р. Сер-Булак отличаются глубоким положением уровней 1-го от поверхности водоносного горизонта и не зависят от условий грунтового увлажнения. Аналогично, на отдельных участках глубокого (2 м) донного врезе р. Сер-Булак основная поверхность поймы дренируется, и уровень грунтовых вод не влияет на водный режим экосистем.

В верховьях долины р. Сер-Булак в днище имеются очаговые участки со стоячей водой в русле, в створе которых уровень 1-го от поверхности водоносного горизонта находится не глубже 1 м и может подпитываться за счет верховодки. В случае взаимосвязи верховодки и глубоких водоносных горизонтов при эксплуатации последних могут быть затронуты эти участки.

Водный режим днища долины р. Сер-Булак в среднем течении на ненарушенных отрезках русла поддерживается с участием уровня 1-го от поверхности водоносного горизонта, зависящего, в свою очередь, от погодных условий летом, когда в жаркий сезон срабатывается накопленный в результате снеготаяния запас влаги в почве.

На зарегулированных бобрами участках русла р. Сер-Булак образованы каскады прудов протяженностью вдоль русла сотни метров, в створе которых днище долины подтоплено, уровень грунтовых вод находится не глубже 1 м, часто у поверхности формируются заболоченные местообитания, а вблизи русла в понижениях с застойной водой на пойме гибнут от вымокания деревья. Водный режим этих участков целиком зависит от бобровых прудов, которые выполняют водорегулирующую роль и создают компенсационный механизм для поддержания гидроморфных местообитаний в случае стресса дефицита влаги.

На расширенных участках эрозионных форм и ложбин перетока развиты заболоченные котловины со сплавиными мощностью в среднем 1.5 м,

под которыми находятся “подземные озера” глубиной более 5 м, являющиеся продолжением существующих в котловинах озер. Сплавина полностью или почти полностью обводнена, уровень грунтовых вод связан с уровнем воды в озере, а влагозапас в торфах сплавины поддерживается за счет воды “подземных озер”. Болотные экосистемы сплавин могут быть подвержены влиянию водоотбора только в том случае, если он повлияет на озера в котловинах.

Площадь области развития гидроморфной растительности незначительна по сравнению с территорией всего заповедника. В пределах этого узкого прируслового участка долин рек Сумка и Сер-Булак происходят ежегодное восполнение поверхностных вод и влагозарядка зоны аэрации за счет паводковых вод. В период весеннего снеготаяния происходит последующее восполнение запасов грунтовых вод, срабатываемых в летнюю и зимнюю межени, т.е. основная вегетация приходится на период относительно высокого стояния уровня грунтовых вод. Кроме того, следует учитывать, что сезонные внутригодовые колебания уровня грунтовых вод, т.е. его сезонное повышение после снеготаяния и последующий спад определяются климатическими факторами и происходят независимо от режима водоотбора и его последствий на снижение уровней грунтовых вод.

Таким образом, есть все основания утверждать, что при освоении I очереди Зеленодольского месторождения угнетения растительности на территории заповедника не будет происходить. И тем более, водоотбор не повлияет на произрастание автоморфной растительности на водораздельных участках с глубоким залеганием грунтовых вод, поскольку ее жизнедеятельность не зависит от положения уровня грунтовых вод.

От противоречий к компромиссам. Очевидные противоречия между проектируемыми водозаборами и особо охраняемыми природными территориями связаны с риском иссушения экосистем в результате водоотбора. Опыт показывает, что уровень риска существенно зависит от местных природных и гидрогеологических условий, от величины водоотбора и регламента работы эксплуатационных скважин, от возможности компенсировать изменения водного режима и значимости влияния водоотбора в сравнении с другими факторами воздействия на экосистемы.

На природную среду ВКГЗ водоотбор может проявляться лишь локально. Преобладающая площадь занята автономными экосистемами с глубоким залеганием грунтовых вод. Гидроморфные

местообитания в границах депрессионной воронки сосредоточены в днищах долины р. Сер-Булак и эрозионных форм в ее бассейне. Водный режим этих экосистем поддерживается озерами, временными водотоками и искусственными водоемами, в том числе создаваемыми бобровыми плотинами за счет аккумуляции талых и дождевых вод. При влиянии водоотбора на эти водные объекты могут быть затронуты и соседствующие с ними экосистемы. В последние годы наблюдается экспансия бобровых семейств в бассейне р. Сер-Булак, которые стали играть ведущую роль в стабилизации стока на протяжении сотен метров русла. Бобры, таким образом, совершенно бесплатно и эффективно выполняют ту работу по компенсации водного режима, за которую, например, в Германии на территориях эксплуатации угольных разрезов и водоотлива приходится выкладывать немалые деньги.

Вероятность проявления влияния водоотбора подземных вод на природную среду в пределах территории заповедника при больших эксплуатационных нагрузках определяет целесообразность **поэтапного** введения в эксплуатацию проектных водозаборов. В первую очередь, рекомендуется освоение Восточно-зеленодольского участка с водоотбором – 20.0 тыс. м³/сут, которое должно сопровождаться ведением мониторинга. Далее по результатам мониторинга за развитием депрессионной воронки и изменением баланса поверхностных вод, организованного на Восточно-зеленодольском водозаборе и на территории ВКГЗ, будут приниматься решения об очередности и целесообразности ввода в эксплуатацию остальных водозаборных узлов на Зеленодольском месторождении.

В условиях активного строительства на территории, непосредственно примыкающей к границам ВКГЗ, и освоения участков Зеленодольского месторождения подземных вод на территории заповедника необходимы организация и ведение комплексного мониторинга за состоянием подземных и поверхностных вод, экзогенными процессами (развитие овражной сети и, как следствие изменение условий питания и разгрузки природных вод), за состоянием лесных насаждений (геоботанический мониторинг) и влагопереносом в корнеобитаемом слое растений. Только располагая результатами гидрогеологических, геоботанических и лесозоологических наблюдений, выполняемых одновременно во времени и пространстве, можно обоснованно оценивать взаимосвязь между компонентами природной среды и влиянием антропогенного воздействия на природную среду. В случае необходимости по данным комплексного

мониторинга могут быть организованы компенсационные мероприятия – откачка воды в озера из специально пробуренных рядом скважин.

Наблюдательная сеть мониторинга должна состоять из опорных наблюдательных скважин на 1-м от поверхности водоносном горизонте, вблизи которых необходимо выбрать площади постоянных геоботанических и лесных наблюдений, и исследования в их пределах должны быть начаты **до начала освоения Зеленодольского месторождения.**

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бакин О.В.* Фиторазнообразие и охрана болотных экосистем на юге лесной зоны востока Европейской части России // Автореф. канд. биол. наук. Казань, 2009. 25 с.
2. *Дедков А.П., Тайсин А.С.* Плиоценовые долины и четвертичные террасы Раифы // Тр. Волжско-Камского гос. природного заповедника. Вып. 6. Казань, 2005. С. 115–127.
3. *Жоров А.А.* Европейский опыт комплексных исследований влияния эксплуатации подземных вод на окружающую среду: возможности использования в Центральной России // Разведка и охрана недр. 1994. № 7. С. 36–39.
4. *Жоров А.А.* Подземные воды и окружающая среда: Западноевропейский опыт комплексных исследований влияния эксплуатации подземных вод и водопонижения на окружающую среду / Под ред. А.Н. Клюквина, В.Н. Лазаренко и И.С. Пашковско-го. М.: Академпринт, 1995. 136 с.
5. *Жоров А.А.* Подземные воды и окружающая среда: Опыт исследований в Нидерландах для Центральной России / Под ред. А.Н. Клюквина, В.Н. Лазаренко и И.С. Пашковско-го. М.: Академпринт, 1998а. 380 с.
6. *Жоров А.А.* Использование в Центральной России опыта эколого-гидрогеологических исследований Нидерландов // Разведка и охрана недр. 1998. № 9–10. С. 62–65.
7. *Олиферова О.А., Гараева Т.В.* Оценка возможного влияния эксплуатации проектного Зеленодольского водозабора на природную среду Волжско-Камского заповедника // Разведка и охрана недр. 2010. № 10. С. 37–42.
8. *Тайсин А.С.* Озера Приказанского района, их современные природные и антропогенные изменения. Казань: ТГГПУ, 2006. 167 с.
9. *Унковская Е.Н., Мингазова Н.М., Павлова Л.Р.* Гидрологическая и гидрохимическая характеристика водоемов Раифы // Тр. Волжско-Камского гос. природного заповедника. Вып. 5. Казань, 2002. С. 9–36.

10. Шаталов В.Г. Усыхание пойменных лесов в зоне влияния водозаборов // Бюлл. ВНИАЛМИ, 1983. Вып. 1 (40). С. 28–30.
11. Шаталов В.Г., Казанцев И.Я., Акимов П.В. Состояние пойменных лесов и режим влажности почв в низовьях р. Северского Донца // Изв. вузов. Лесной журнал. 1994. № 4. С. 26–29.
12. Monitoring Garzweiler II. Jahresbericht 2010 // Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf, 2011.
13. Monitoring Garzweiler II. Jahresbericht 2012 // Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf, 2013.

CONTRADICTIONS AND COMPROMISES IN ASSESSING THE POSSIBLE IMPACT OF ZELENODOLSK GROUNDWATER DEPOSIT DEVELOPMENT ON THE VOLZHSCO-KAMSKII RESERVE ECOSYSTEMS

T. V. Garaeva*, A. A. Zhorov**, O. A. Oliferova*

*HYDEC JSC, 15ya Parkovaya ul. 10a, Moscow, 105203 Russia. E-mail: info@hydec.ru

**Branan Environment Ltd., ul. Skhodnenskaya 56, Moscow, 125363 Russia.

E-mail: aaj@branan.ru

An impact of the maximum design water extraction on the groundwater levels, lake balance and vegetation in the Volzhsko-Kamskii reserve has been evaluated by the mathematical model approach on the basis of the specially developed hydrodynamic circuit of surface- and groundwater interaction for the territory of the Zelenodolsk groundwater basin. The absence of this impact has been substantiated for the first stage of deposit development; and recommendations are given for its further operation according to the environment monitoring results.

Keywords: *predictive modeling, definition of reserves, Zelenodolsk basin, Volzhsko-Kamskii reserve, level recession, lake balance.*