

Состояние природной среды в зоне действия Томского водозабора

А. Г. ДЮКАРЕВ, Н. Н. ПОЛОВОГА

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН
634055, Томск, просп. Академический, 10/3
E-mail: DAG@itces.ru*

АННОТАЦИЯ

Выявлен ряд негативных процессов, происходящих на территории Обь-Томского междуречья. Показателем деградации природной среды служат снижение уровня грунтово-болотных вод, изменение водного режима почв и иссушение мелкозалежных торфяников, изменение растительного покрова и продуктивности древостоя. Индикация нарушений природной среды по состоянию лесных и болотных экосистем выявила хронологическую и территориальную связь с вводом в эксплуатацию Томского водозабора и формированием воронки депрессии в горизонте подземных вод. Наиболее трансформированы полу- и гидроморфные ландшафты вдоль первой очереди водозабора, вдоль второй и третьей – менее трансформированы.

Ключевые слова: мониторинг, ландшафт, иссушение, водозабор.

Современные представления о деградации природной среды связаны преимущественно с химическим загрязнением, эрозийными процессами, изменением плодородия пахотных земель, механическими нарушениями и заболачиванием. Обсыхание территории, особенно в бореальной зоне, не включается в число негативных явлений. Однако известно, что мелиорация, длительные и интенсивные откачки подземных вод сказываются не только на гидрологических условиях, но и на ландшафте в целом [1]. Интенсивный рост водопотребления в развитых европейских странах остро поставил вопрос о необходимости изучения сопутствующих ему процессов. В Нидерландах организована система контроля состояния природной среды в зонах водоотбора, проведены масштабные исследования связи продуктивности экосистем с глубиной залегания и качеством грун-

товых вод, изменчивостью влажности местобитаний, разработаны методы и критерии определения критических состояний природной среды. В результате длительных работ и дискуссий под иссушением принято понимать не только гидрогеологические и гидрологические процессы, но и последствия снижения уровней грунтовых вод, проявляющиеся в нарушении естественных экосистем и природоохранных территорий [2]. Однако устойчивые изменения гидрологического режима территорий могут быть обусловлены и другими причинами – изменением климата, вырубкой лесов и сельскохозяйственным освоением. При вырубке лесов увеличивается поверхностный сток; на пахотных землях снижаются зимнее влагонакопление и испаряемость летом, увеличивается также весенний сток по не оттаявшей почве, что в совокупности сокращает пополнение грунтовых вод. Известны негативные последствия крупномасштабных мелиораций болот в Белоруссии, Подмосковье, Кемеровской области. Строи-

Дюкарев Анатолий Григорьевич
Пологова Нина Николаевна

тельство дорог также приводит к изменению поверхностного и почвенно-грунтового стока, обсыханию или избыточному обводнению прилегающих территорий.

Экологическая ситуация на Обь-Томском междуречье складывается из целого комплекса трансформирующих факторов: вырубки лесов, распахивание земель, мелиорации болот, происходящих на фоне климатической изменчивости. Однако наиболее существенным по степени влияния фактором следует признать эксплуатацию месторождения подземных вод. Томский водозабор представляет собой уникальное для России сооружение, включающее 177 линейно расположенных скважин. Протяженность линии водозабора составляет 54 км. Общий объем водоотбора достигает 250 тыс. м³ в сутки. Последовательный ввод в эксплуатацию водозабора начался в 1972 г., а с 1990 г. водозабор является единственным источником питьевого водоснабжения г. Томска. За время его эксплуатации в водоносных горизонтах сформировалась обширная, простирающаяся от р. Томи до р. Оби воронка депрессии. Глубина сработки водоносных горизонтов по первой очереди водозабора достигает 9–10 м, а по отдельным скважинам – до 15 м [3]. Более чем 35-летняя эксплуатация водозабора привела к изменению гидрогеологических условий, что отразилось на состоянии природной среды.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Отсутствие сведений о состоянии природной среды до начала эксплуатации месторождения подземных вод требует поиска показателей связи выявленных на территории Обь-Томского междуречья признаков иссушения с различными действующими факторами. Оценка степени серьезности тех или иных изменений проводится с использованием методов ландшафтно-экологического анализа, основанного на индикации видов нарушений по современному состоянию растительных сообществ и почв в сравнении с экосистемами аналогичных местоположений, водный режим которых не претерпел изменений.

Изменение гидрологических условий относится к категории экзогенных процессов.

Известны факты общего снижения уровня поверхности при водоотборе [4], формирования просадочных форм макро- и микрорельефа. В заболоченных ландшафтах избыточное обводнение приводит к появлению вымочек, а обсыхание – к разрушению торфяников. Наиболее отзывчивы на изменения гидрогеологических условий переходные местоположения – экотоны [5], где на контакте болота и суходола появляются провальные формы рельефа, усиливается вывал старых деревьев.

Объективным индикатором иссушения является оценка состояния экотопов по растительному покрову [6], основанная на том, что каждый вид растений, имеет свой балл оптимального развития по факторам среды обитания. Балльные оценки эдафических условий, получаемые из экологических шкал для отдельных видов растений можно пересчитать в баллы для растительных сообществ, на основании которых и судят о состоянии местообитания. Изменение в растительном сообществе, в частности исчезновение влаголюбивых видов в исходно сырых и влажных экотопах, отражается на величине балла и указывает на изменение условий местообитания. Для выявления зависимости лесных насаждений от водоотбора исследовалось изменение прироста деревьев в разных типах местообитаний.

При ландшафтно-экологическом анализе уделяется внимание современному состоянию почв с анализом соответствия их свойств условиям местоположения. Изменение влажности, плотности сложения, что особенно важно для торфяных почв, гумусного состояния, кислотно-щелочных условий также является объективным показателем изменения экологических условий [7]. Особое внимание при почвенно-экологических исследованиях уделяется специфическим свойствам, характеризующим изменение водно-воздушного режима, окислительно-восстановительной обстановки и кислотно-щелочных условий в зоне снижения грунтовых вод или капиллярной каймы [8]. Элементы с переменной валентностью, такие как железо, отражают признаки восстановительной (сизоватыми, голубыми тонами окраски почвенных горизонтов) или окислительной (охристыми,

ржавыми) обстановки. Даже при временном снижении капиллярной каймы на фоне оглененных горизонтов появляются охристые пятна. При устойчивом изменении условий увлажнения формируются более интенсивно окрашенные горизонты [9]. В качестве оценки состояния почв по степени гидроморфизма используются различия в подвижности оксидов железа и марганца в восстановительной обстановке [10]. Можно отметить, что при почвенно-экологических исследованиях выбор характеристик определяется не стремлением наиболее полно охарактеризовать почву, а выявить те свойства, которые в наибольшей степени отражают происходящие в ней изменения. Соответствие почв биотическому компоненту ландшафта также является критерием оценки происходящих изменений: если почва находится в равновесии с растительностью, то состояние экосистемы считается устойчивым. При несоответствии биогенного и абиогенного компонентов экосистеме следует отнести к категории трансформированных [11].

Оценка состояния природной среды в зоне техногенного воздействия предусматривает несколько уровней: рекогносцировочные обследования, заложение реперных полигонов, организацию системы мониторинга и проведение наблюдений. При рекогносцировочном обследовании давали общую характеристику территории, выявляли признаки нарушения природной среды и их ландшафтную приуроченность, определяли границы зоны воздействия, выбирали ключевые участки, закладывали ландшафтно-экологические профили. Система мониторинга охватывает основные гидрологические типы местностей и включает пространственно распределенные полигоны площадью 1–2 км², ландшафтно-экологические профили (рис. 1). На ландшафтно-экологических профилях, пересекающих в различной степени трансформированные типы экотопов, выбирали точки наблюдения (рис. 2). При однородных условиях с целью охвата большего числа геолого-геоморфологических поверхностей в систему мониторинга включали только точечные объекты наблюдения. Таким образом, в пределах воронки депрессии заложено 4 площадных и 2 точечных объекта мониторинга. Для сравнения один полигон расположен за пределами воронки

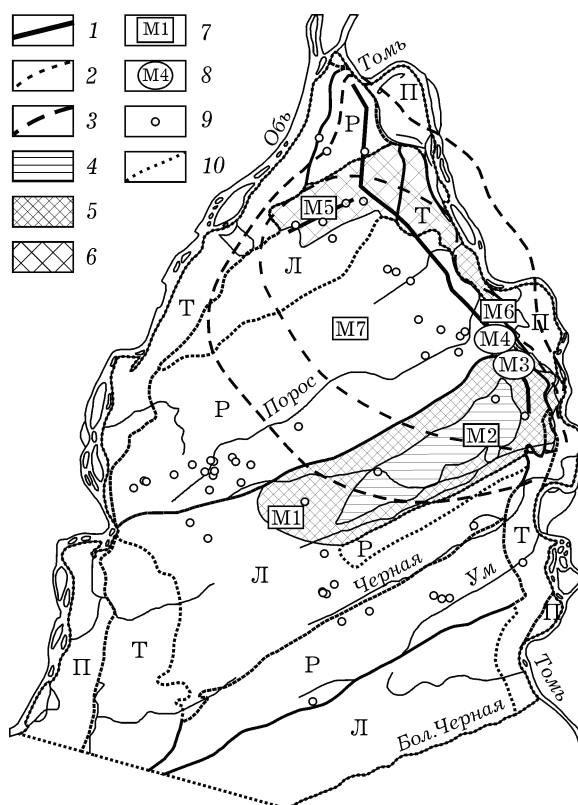


Рис. 1. Ландшафтная структура Обь-Томского междуречья с отражением трансформированности природной среды в связи с действием водозабора.

Условные обозначения: 1 – линия водозабора; границы воронки депрессии водоносного горизонта; 2 – неоген-четвертичного; 3 – палеогенового. Степень трансформированности ландшафтов: 4 – сильная, 5 – средняя, 6 – слабая. Объекты мониторинга: 7 – полигоны и ключевые участки, 8 – точечные объекты. 9 – точки рекогносцировочных обследований; 10 – границы геолого-геоморфологических поверхностей: Р – древние равнины, Л – ложбины древнего стока, Т – террасы, П – пойма

депрессии. Система мониторинга включала наблюдения за водно-температурным, кислотно-щелочным и азотным режимами почв, сработкой торфяной залежи и уровнями почвенно-грунтовых и болотных вод, состоянием растительного покрова и приростами древостоев. Наблюдения за водно-температурным режимом на первом этапе (2001–2004 гг.) проводили ежемесячно с мая по сентябрь включительно в 16 точках наблюдения. В последующие годы исследования проводили только в фазу максимальной спелости почв и контролировали состояние растительного покрова. Принятая нумерация объектов мониторинга включает буквенный индекс и номер ключевых

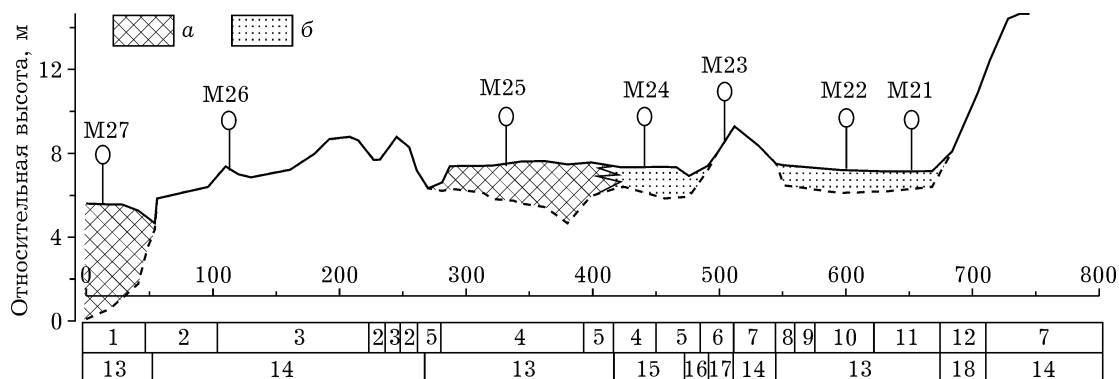


Рис. 2. Ландшафтно-экологический профиль на площадке мониторинга М2.

Растительность: Сосняки – 1 – кассандрово-сфагновый; 2 – караганово-кустарничково-зеленомошный; 3 – лишайниковый; 4 – кустарничково-сфагновый; 5 – мертвопокровно-зеленомошный; 6 – мертвопокровно-вейниковый; 7 – зеленомошный; 10 – кустарничково-зеленомошный (сфагновый); 12 – кустарничково-травяно-зеленомошный. 8 – березово-сосновый кустарничково-зеленомошный лес; 9 – сосново-березовый осоково-зеленомошный лес; 11 – березняк мертвопокровно-зеленомошный.

Почвы: 13 – торфяная олиготрофная; 14 – подзол иллювиально-железистый; 15 – торфяно-глеевая олиготрофная; 16 – торфяно-подзол глеевый; 17 – подзол глеевый глубокоожегузненный; 18 – подзол глеевый. Торфяная залежь: а – слабо трансформированная; б – иссушенная деградированная.

чевого участка (М1–М7), а точка наблюдения состоит из номера ключевого участка (первая цифра) и номера точки наблюдения (М21–М27), для разных лет наблюдения за водным режимом почв добавляется индекс года (М2101–М2107).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Эколого-ландшафтный анализ. Особенностью Обь-Томского междуречья являются высокая неоднородность ландшафтной структуры (сочетание древних равнин, сложенных суглинками, с ложбинами древнего стока, сложенными песчаными отложениями), значительные антропо- и техногенные нагрузки на природную среду (см. рис. 1). Распаханность в некоторых типах местности на древних равнинах достигает 80 %, при этом более половины пашни находится в режиме максимальных агрохозяйственных нагрузок. Однако вопроса о степени возможной земледельческой деградации и изменения плодородия почв, проходящих на фоне снижения уровней вод на территории, пока не возникает, поскольку изменения в почвенных ресурсах привлекают внимание только при явных признаках нарушения почвенного покрова.

В лесохозяйственной зоне на междуречье объемы добываемой древесины достигали 400 тыс. м³. Поэтому основная часть лесных

массивов представлена сосновыми молодняками или производными березово-осиновыми лесами, возраст которых редко где превышает 50 лет. Высокий уровень рекреационных нагрузок в лесах с невысокой устойчивостью и связанные с ними частые пожары также изменяют лесные ландшафты. В 1960–1970 гг. для агро- и лесомелиоративных целей проведено осушение болот и заболоченных земель. Добыча торфа на удобрение часто проводилась до полного уничтожения болотного массива и обнажения минеральной основы (Пивоваровское болото). Строительство крупных прудов в логах и долинах рек привело к подтоплению окружающих территорий. Все это сказалось в целом на водном балансе территории. Изменились поверхностный и речной стоки, некоторые постоянные водотоки превратились во временные (р. Пылковка и др.), а озера потеряли естественную связь с грунтовыми водами (Песчаное, Лебязье). Следовательно, действие водозабора наложило на уже сформировавшуюся систему деградационных процессов.

Глубина трансформации природной среды в зоне действия водозабора неоднородна и определяется устойчивостью ландшафта к внешним воздействиям. Разработанные нами подходы к оценке устойчивости типов местностей к гидрологической изменчивости основываются на разделении их по наиболее

значимым ландшафтным признакам: составу отложений, глубине залегания грунтовых вод, характеру растительности. По гидрологическим условиям ландшафты разделены на 4 основные категории:

1. Весьма устойчивые – ландшафты денудационно-аккумулятивных равнин, сложенные слабоводопроницаемыми породами тяжелого гранулометрического состава, и ландшафты ложбин стока, сложенные песками. Грунтовые воды залегают на глубине 10 м и более.

2. Устойчивые – ландшафты слабренированных равнин и переходных поверхностей, дренированные равнины, сложенные с поверхности породами тяжелого гранулометрического состава или слоистыми отложениями, с залеганием грунтовых вод на глубине 5–10 м.

3. Слабоустойчивые – ландшафты древних ложбин, перемытых равнин и террас на поверхностях, сложенных песками или слоистыми отложениями, с глубиной залегания грунтовых вод до 5 м. Болота, формирующиеся в депрессиях рельефа при слабой подпитке грунтовых вод.

4. Неустойчивые – ландшафты на поверхностях, сложенных сортированными песками, реже супесями с высокими значениями коэффициентов фильтрации и близким залеганием почвенно-грунтовых или болотных вод. Болота, имеющие преимущественно атмосферный тип водного питания и формирующиеся на капиллярной кайме в ложбинах стока или грунтового подсклонового типа водного питания на террасах.

Построенная карта устойчивости ландшафтов к изменению гидрологических условий отражает потенциальную способность природных экосистем противостоять внешним воздействиям и в реальных условиях может не реализоваться либо реализоваться не в полном объеме. В случае с водозабором степень трансформированности определяется не только свойствами ландшафта, но и удаленностью от линии водозабора, продолжительностью водоотбора и приуроченности к разным уровням сработки водоносного горизонта.

Наиболее трансформированы ландшафты присклоновых местностей на первой террасе Томи (см. полигон М6 на рис. 1), которые сильно заболочены. Источником избыточно-

го увлажнения являются склоновые поверхностные воды и выклинивающиеся в подножие второй террасы грунтовые воды, подтопление паводковыми водами со стороны реки. Выклинивание из подошвы второй террасы грунтовых вод имеет существенное значение в водном балансе местности, обеспечивает его внутригодичную устойчивость, “наполнение” болотных ландшафтов на склоны. Однако введение в строй водозабора перехватило поток грунтовых вод, привело к изменению условий водного питания ландшафтов на первых террасах. Начались процессы усыхания и ускоренной минерализации торфа. Влажность торфа уменьшилась в 2–3 раза, плотность сложения в – 5–6 раз. Минерализация и улучшение водно-воздушного режима, повышение трофности местообитаний привели к сплошному зарастанию склонов и присклоновых поверхностей крапивой, ускорению прироста древостоев. Безусловно, протекающие на склонах долины и террасах процессы можно было бы отнести к категории положительных, если бы не возросшая пожароопасность. Частые весенние “палы” приводят к возгоранию просохшего торфа, гибели древостоя, затягиванию процессов возобновления продуктивных лесных сообществ.

Ландшафты ложбин древнего стока в зоне, примыкающей к первой очереди водозабора, также относятся к категории сильно трансформированных (см. М2 на рис. 1). Высокая фильтрационная и низкая водоудерживающая способность песков обеспечивают стабильность гидрологических условий местоположений с атмосферным типом водного питания. Формирующийся в подзолах иллювиально-железистых горизонт иссушения исключает возможность связи с нижележащими водоносными горизонтами. В межгрядных понижениях, ложбинах и долинах условия водного питания определяются гидравлической связью с грунтовыми водами или сформировавшимся за 3–5 тыс. лет горизонтом болотных вод. При отсутствии явного водоупора болотные воды формируются на капиллярной кайме верховодки, аккумулируются и удерживаются торфяным телом. Для ложбин стока характерно распространение двух типов болот: мезотрофные приурочены к долинам и крупным межгрядным понижениям, формируются при участии грунтовых,

чаще грунтово-болотных вод, как правило, имеют значительную, более 3 м, мощность торфяной залежи и относительно устойчивы к изменениям гидрогеологической обстановки; олиготрофные болота приурочены к плоским межгрядным понижениям, располагающимся на разных высотных уровнях, имеют гидравлически связанный горизонт грунтово-болотных вод, минеральное ложе не имеет явного водоупора, и избыточная влага удерживается только торфяным телом и, возможно, подпирается капиллярной каймой нижележащего горизонта грунтовых вод, мощность торфяной залежи достигает 8 м, ее возраст 5,5 тыс. лет. Стабильность водного режима олиготрофных болот, как и ландшафта в целом, определяется мощностью торфяной залежи. Небольшие по площади торфяники мощностью до 2 м не способны противостоять протекающим на территории трансформациям гидрологического режима, происходит преобразование внутренней и внешней структуры растительных сообществ. В сосняках кустарничково-сфагновых разрастаются пятна зеленых мхов и лишайников. При первых стадиях обсыхания мочажины затягиваются кустарничками, грядковые клумбы разрушаются. В краевой, обычно наиболее увлажненной части болотного массива в результате изменения гидрологических условий и ускоренной минерализации торфа формируются участки с полностью нарушенным растительным покровом. Мелкозалежные торфяники просыхают на всю глубину. Влажность торфа снижается, а плотность возрастает в 2–3 раза. В результате неравномерной просадки повышается контрастность микрорельефа, обнажаются корни деревьев и обозначаются приствольные кочки высотой до 60 см. Размеры усадки торфяной залежи определяются степенью ее деградации. К примеру, усадка органического горизонта в точках мониторинга М21 и М22, рассчитанная по изменению плотности сложения торфа, составила 100 %, т. е. современный иссушенный торфяной слой мощностью 90 см сформировался из залежи мощностью около 2,0 м. Поверхностные слои торфа пересыхают, распыляются, становятся безжизненными. Торф в сухой год растрескивается на всю глубину залежи. Вторичное

заселение начинается со стадии лишайников и плаунов, затем поселяются зеленые мхи и вейник.

Глубокие трансформации торфяной залежи сопровождаются коренными биоценотическими перестройками. Сосна при обсыхании олиготрофных рямов выпадает и сменяется березняком мертвопокровным, а под его пологом возобновляется кедр и другие темнохвойные древостои. Топяные участки олиготрофных болот также начинают зарастать сосной и березой. Появление березы в краевой части болотного массива является хорошо различимым на космических снимках индикатором обсыхания территории. Трансформации природной среды некоторых местностей в зоне действия первой очереди водозабора выходят на уровень экзогенных процессов. Помимо перестроек в растительном покрове происходят и глубокие изменения геохимической обстановки и почв. Устойчивое снижение уровня грунтовых вод изменило окислительно-восстановительные условия в нижней части почвенной толщи, в результате чего сформировались мощные ортзандовые горизонты, в которых песок сцементирован железно-органическими соединениями охристого и темно-коричневого цвета. Происходят изменения и в рельефе: повышается контрастность микрорельефа, формируются “провалы”, достигающие глубины 70 см, в краевой части обсыхающего болотного массива, резко обозначаются границы торфяной залежи с формированием бортика высотой до 40 см (см. рис. 2). Изменение плотности сложения и фильтрационных свойств торфяной залежи усиливает поверхностное перераспределение влаги. Наряду с обсыхающими появляются сильно обводненные участки и вымочки.

Крупные болотные массивы с глубиной торфа более 3 м менее подвержены гидрологическим трансформациям и стабильны по увлажнению. Происходящие в них изменения выражаются только в повышении контраста увлажнения между бугристой кустарничково-сфагновой и топяной частью, более резким отграничением болота от гривы. В целом для некоторых местностей ложбины стока характерна высокая трансформированность полугидроморфных местоположе-

ний, занимающих до половины общей площади междуречья.

Изменения природной среды в зоне второй и третьей очереди водозабора не столь выражены, хотя первые признаки обсыхания в окраинной части болот и формирование приболотного бортика, подсыхание вымочек и мелкозалежных болот уже обозначились. Меньшая трансформация ландшафта объясняется несколькими причинами, прежде всего свойствами самого ландшафта – сложением слоистыми, менее водопроницаемыми, более влагоемкими породами, преобладанием в растительном покрове березово-осиновых молодняков, маскирующих признаки изменчивости. Имеет значение и более позднее введение в эксплуатацию. Можно отметить и тот факт, что на богатых супесях Моряковской ложбины стока (М5) при обсыхании повышается трофность местообитаний и осветление при вырубке леса приводит к зарастанию травами, прежде всего вейником, затягивается восстановление лесобразователей. Сформировавшиеся елани используются как сенокосные угодья.

Ландшафты денудационно-аккумулятивной равнины (М7), перекрытой с поверхности мощным чехлом суглинистых отложений, слабовосприимчивы к изменению гидрогеологических условий. Степень их сельскохозяйственной освоенности столь высока, что другие признаки трансформации просто трудно обнаружить. Наблюдаемые в небольших массивах олиготрофных болот изменения и ксероморфизация полугидроморфных местообитаний более связаны с высокой степенью распаханности территории, чем с действием водозабора. С водозабором можно связать изменения, происходящие в днищах некоторых не перехваченных прудами логов, где, как и на террасах, происходят обсыхание и минерализация торфа, смена растительности (зарастание крапивой). Достоверные признаки изменения природной среды на древней равнине можно выявить только в многолетних циклах мониторинга. Признаков изменения в пойменных ландшафтах, связанных с действием водозабора, не выявлено, что объясняется более сильным влиянием реки, чем глубоких горизонтов грунтовых вод.

Водный режим. К настоящему времени уже накоплен ряд наблюдений, охватывающий различающиеся по увлажнению годы: умеренно влажный и теплый 2001, влажный и умеренно теплый 2002, относительно сухой и теплый 2003, умеренно влажный и умеренно теплый 2004 и экстремально влажный и прохладный 2007. Экстремальность последнего года позволила вычленить климатический сигнал, определить значимость техногенных факторов в происходящих на исследуемой территории процессах. Исследования показали, что по водному режиму почвы, расположенные в разных типах ландшафта, неодинаково реагируют на внешние возмущения. Наиболее устойчивы почвы и биогеоценозы автономных позиций. На высоких гривах, сложенных песками (рис. 3, точки наблюдения М11, М26, М51), варьирование влажности связано с влиянием атмосферных осадков и затрагивает только верхнюю часть почвенной толщи, нижние горизонты более связаны с наметившейся тенденцией иссушения почвенно-грунтовой толщи в результате разрыва атмосферного и грунтового увлажнения. Поэтому экотопы сосновых лесов характеризуются естественным ходом влажности и тесной связью запасов влаги с условиями увлажнения года. В сухие годы здесь усиливается стрессовый режим, повышается опасность возникновения пожаров. К примеру, в 2003 г. на территории Тимирязевского лесхоза зафиксирован 221 пожар. Более 200 возгораний отмечено в 2000 г.

Почвы низких грив (см. рис. 3, точки М12, М23, М53) подтопленных болотом экотопов характеризуются контрастным увлажнением профиля. Снизу выделяется горизонт полного насыщения от грунтово-болотных вод, уровень которых во влажные годы залегает на глубине 200 см, что на 30–50 см выше, чем в умеренно влажные и сухие годы. Горизонт капиллярного насыщения снизу вверх сменяется горизонтом иссушения небольшой мощности. Сверху формируется горизонт промачивания, влажность которого в 2002 и 2007 гг. близка к наименьшей влагоемкости. В целом водный режим местообитаний, формирующихся в условиях притока влаги от болот, характеризуется опосредованной связью с климатическими ус-

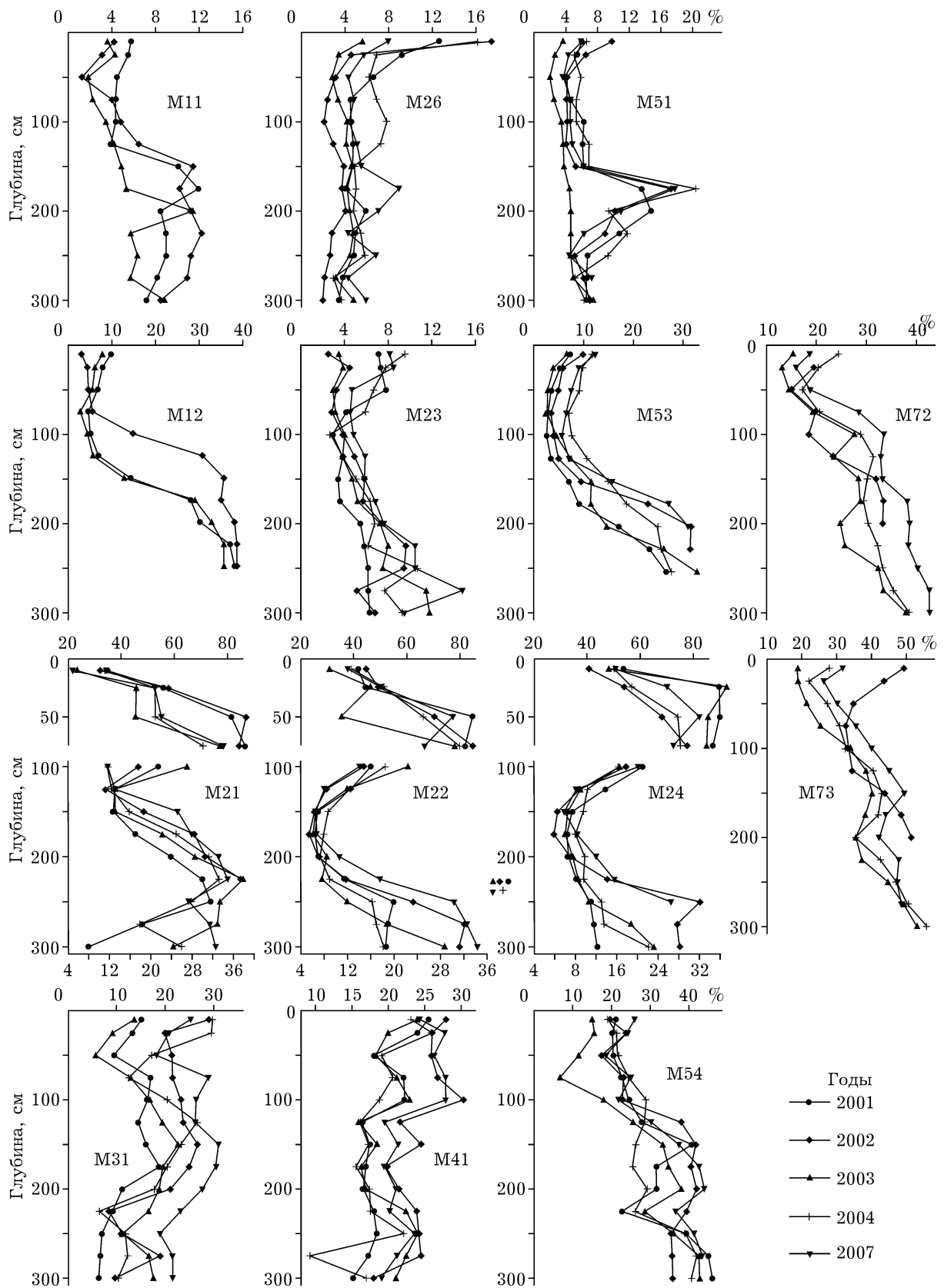


Рис. 3. Профильное распределение влажности в разные годы наблюдений (время отбора 18–25 августа)

ловиями через режим уровней грунтово-болотных вод.

Наименее устойчивы почвы переходных по гидрологическому режиму ландшафтов, к которым относятся заболоченные леса и мелкозалежные болота, участки с транзитными потоками влаги. При разрыве грунтового и атмосферного увлажнения в болотах при провальной фильтрации песков происходит направленное иссушение торфяных залежей. Деятельный горизонт болотных вод торфяной залежи при отсутствии подпора грунтовыми водами не восстанавливается. Устойчивые изменения торфяной залежи, наиболее заметные в ландшафтах, примыкающих к первой очереди водозабора, несомненно, связаны с действием водозабора. Точки мониторинга М21, М22, М24 (см. рис. 3) характеризуют иссушенные местообитания с торфяными олиготрофными деструктивными почвами. Торфяная залежь имеет мощность 94–96 см. Влажность торфяного слоя за все годы устойчиво ниже в мертвопокровном березняке (М21) по сравнению с местообитаниями с сохранившимися фрагментами наземного покрова (М22 и М24). Влажность торфяного слоя изменяется в небольших пределах и не достигает полного насыщения даже в очень влажные годы. Запасы влаги за годы наблюдения изменялись соответственно в пределах 490–620 и 500–640 мм в метровой толще иссушенного торфяника. В минеральных горизонтах под иссушенными торфяниками прослеживается близкая в различные годы динамика влажности. Наиболее значимы различия по содержанию влаги в глубоких капиллярно насыщенных горизонтах во влажные годы. Эпюры влажности показывают постоянно низкую влажность горизонтов почв под торфом, что характеризует местообитания по водному режиму как устойчиво иссушенные.

Снижение уровня грунтовых вод особенно заметно в местообитаниях, где в водном питании болот принимали участие выклинивающиеся грунтовые воды. Во влажные годы горизонт гравитационной влаги здесь на 2 м выше (230–250 см) по сравнению с сухими (420 см). В напочвенном покрове деградированных торфяников за все годы исследований не отмечено восстановления сфагнового

покрова. Встречаются только небольшие, пульсирующие по размерам в соответствии с динамикой погодных условий латки сфагновых мхов. Основной фон здесь создают мертвопокровные участки, включающие небольшие парцеллы с угнетенным покровом из зеленых мхов и лишайников. Болотные системы с большой мощностью торфа более устойчивы и сохраняют естественный тип растительности. За время наблюдений амплитуда колебания уровней болотных вод в ненарушенных местообитаниях составила 15–20 см. Уровень воды опускался ниже живого сфагнового мха лишь в сухой год в августе.

На устойчивость водного режима почв под осинниками высокотравными (М54), сформированных на переходах от ложбин стока к равнинам, оказывает влияние слоистость грунтов, приводящая к замедленной вертикальной фильтрации влаги осадков. На глубине здесь отмечается горизонт максимального для глин водонасыщения с несущественным варьированием, связанным с условиями увлажнения года. Верхняя часть профиля более контрастна по увлажнению и отличается удовлетворительными запасами доступной влаги в корнеобитаемой зоне и ее недостатком ниже. На глинистом водоупоре формируется горизонт с избыточным увлажнением, более заметный во влажные годы.

Почвы террас вблизи первой очереди водозабора имеют существенные признаки изменения водного режима. В серой суглинистой почве под травяным кедровником (см. рис. 3, точка М41) изменчивость влагозапасов в августе хорошо коррелирует с условиями увлажненности года, особенно в первом метре суглинистой толщи. Глубже распределение влажности связано с особенностью просачивания и расхода влаги на десукцию кедровым насаждением. В экстремально влажный 2007 г. влажность высока по всему профилю. В предыдущие годы наблюдения в качестве характерной особенности водного режима как слоистых (М31), так и суглинистых (М41) почв террас на глубине 3 м отмечен горизонт с влажностью ниже НВ. Это объяснялось проявлением разрыва влаги атмосферных осадков и капиллярной каймы грунтовых вод. В 2007 г. отмечено увеличение влажности на этой глубине в суглини-

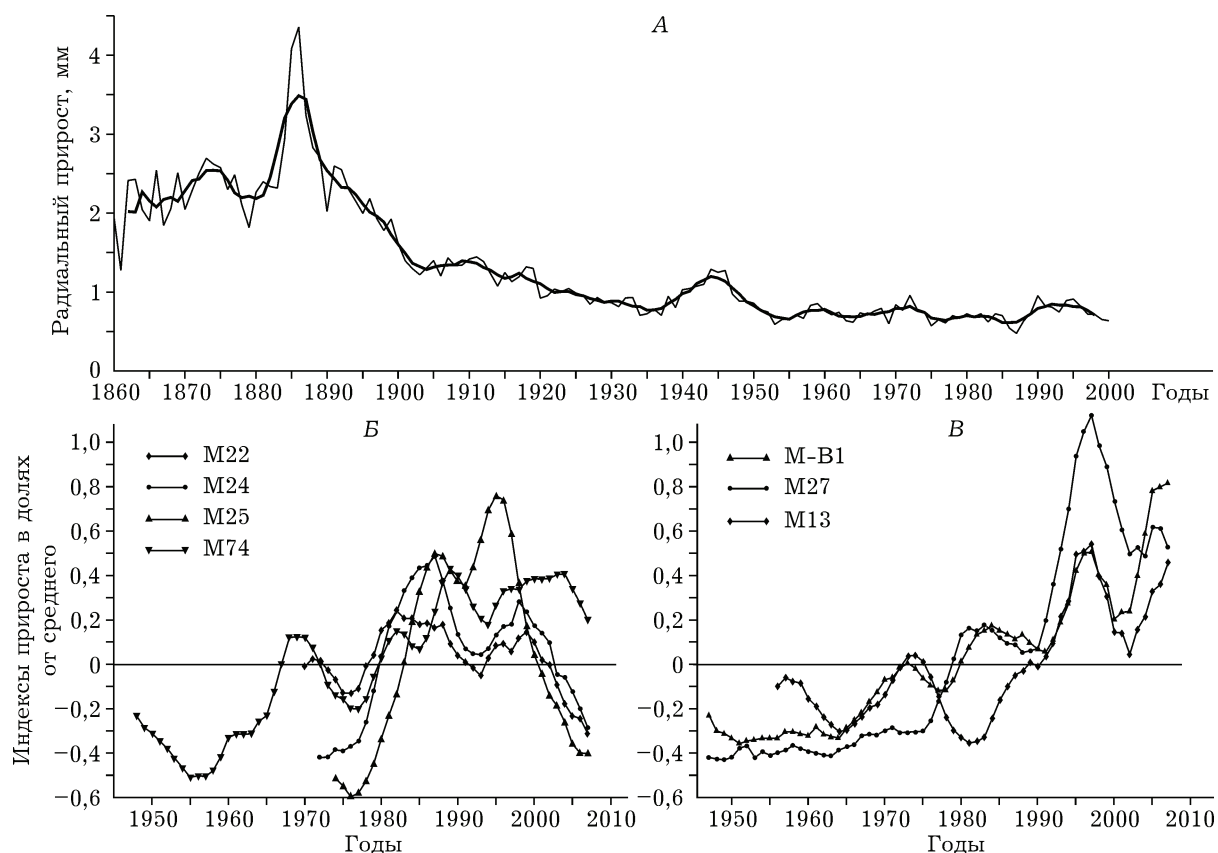


Рис. 4. Радиальный и вертикальный приросты сосны: А – в автономных местообитаниях (жирная линия – скользящие пятилетние средние); Б – на иссушенных болотах, В – на естественных болотах

той почве, однако влажность по величине также не достигала состояния наименьшего насыщения. Можно отметить, режим влажности почв на суглинистых террасах в настоящее время изменился и более соответствует режиму влажности лесостепных почв, что негативно сказалось на состоянии и продуктивности кедровника. Периодичность урожая и качество ореха снизились, повысилась поражаемость древостоя болезнями и энтомо-вредителями.

В почвах древней равнины, сложенной суглинисто-глинистыми отложениями (М7), на протяжении всего вегетационного периода на глубине более 1,5 м сохранялись значительные (выше НВ) запасы почвенной влаги, в то время как в поверхностных горизонтах отмечались высокая контрастность увлажнения и явный дефицит влаги в июне–июле. Сформировавшийся в это время на глубине 25–75 см горизонт иссушения прослеживается до конца вегетационного периода (М71). Почва под лесом характеризу-

ется меньшей контрастностью профиля по увлажнению. Однако и здесь на глубине 50 см обнаруживается горизонт иссушения (М72) (см. рис. 3). На границе с болотом в поверхностных и глубоких горизонтах на протяжении всего срока наблюдений прослеживались высокие значения влажности, в то же время на глубине 50–80 см во вторую половину лета сформировался горизонт иссушения, в котором влажность соответствует разрыву капиллярных связей (М73). Торфяная мезотрофная деструктивная почва иссушенного рьяма (М74) во влажный год характеризуется значительно большим влагонакоплением как в торфяной, так и в минеральной части профиля.

Анализ прироста древостоя. Ход роста и морфология кроны деревьев являются индикаторами экологических условий. При изменении водного режима и иссушении, особенно в болотных местообитаниях, отмечается изменение формы кроны сосны, которая благодаря большому приросту в по-

следние годы вытянута вверх по сравнению с относительно плосковершинной формой кроны типично рямовой сосны. Ход роста сосны, несмотря на различие в возрасте, в иссушенных экотопах довольно синхронный. Характерны резкое увеличение прироста с начала 80-х гг. и одинаковое снижение роста в 1991–1995 гг., совпадающее с низкой обеспеченностью осадками в летний период. В последние 6 лет опять проявилось снижение вертикального прироста сосны. В слабоиссушенном ряме (М25), где уровни болотных вод в течение всего сезона отмечаются на поверхности, реакция древостоев по величине прироста на условия увлажнения в последнее десятилетие сходна с сильно иссушенными местообитаниями. После пика прироста в сухой период 1991–1995 гг. проявилось резкое снижение вертикального прироста. В рослом ряме (М74), где наземный покров сохранился, снижение прироста отмечается лишь в последние 3 года (рис. 4).

Грунтовое увлажнение не играет заметной роли в функционировании сосновых насаждений автономных местообитаний в ложбинах стока. Так, глубина грунтовых вод на высокой гриве на площадке мониторинга М2 в сосняке зеленомошном находится за пределами 5 м. Капиллярное поднятие в песчаном подзоле составляет 20–30 см, а глубина корнеобитаемого слоя не превышает 200 см. Поэтому данные измерений радиального прироста деревьев не указывают на какие-либо изменения после ввода в эксплуатацию водоотбора (см. рис. 4, А). Некоторое увеличение прироста в 1990-е и до 2001 г. связывается, прежде всего, с увеличением атмосферного увлажнения в это десятилетие.

Выявлена отрицательная корреляция между величиной прироста деревьев в иссушенных местообитаниях и суммой осадков как за год, так и в летний период. То есть сосна на болотах в условиях смены характерного для торфяных почв сфагнового покрова мертвопокровным испытывает угнетение в росте при увеличении количества осадков. В остальных местообитаниях проявляется положительная корреляция с количеством осадков за год, осадками летнего периода, а также с осадками мая – июня. Кривые хода роста кедра показывают не-

высокие величины прироста до 1984 г., после которого, несмотря на различие в возрасте, прирост устойчиво увеличивается до 2004 г. Подрост кедра в экотопах на песчаных почвах по величине прироста имеет положительную корреляцию с осадками летнего и зимнего периода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема сохранения природной среды сложного в ландшафтном и хозяйственном отношении Обь-Томского междуречья имеет для г. Томска важное экологическое значение. Открытие водозабора обострило существующие и раньше противоречия. Однако взаимные претензии “экологов” и “хозяйственников” субъективны и до сих пор не имеют под собой реальной основы. Проведенные нами исследования выявили нарушения природной среды и показали их связь с действием водозабора. Отмечено, что различные типы и элементы ландшафта неодинаково реагируют на изменение гидрологических условий. Наиболее устойчивы биогеоценозы автономных позиций, наименее – переходные по гидрологическому режиму ландшафты, к которым относятся заболоченные леса и мелкозалежные болота, участки с транзитными потоками влаги. Болотные системы с большой мощностью торфа и грунтовым типом водного питания более устойчивы. При оценке устойчивости имеют значение размер участка, положение в рельефе, состояние эдификаторов растительного покрова. Выявлено, что древесная растительность отражает мезомасштабные изменения гидрологических условий. Напочвенный покров автономных местоположений в большей степени реагирует на изменение погодных условий, болотная растительность (прежде всего моховой покров) находится в тесной связи с уровнем грунтово-болотных вод. Водообмен в болотных ландшафтах определяется водопроницаемостью в деятельном горизонте. При переходе от поверхностных слоев сфагнового очеса к инертным горизонтам торфа коэффициент фильтрации уменьшается, боковое движение гравитационной влаги затрудняется. Снижение уровня болотных вод за пределы деятельного горизонта приводит к деградации сфаг-

нового очеса и резкому снижению водоудерживающей способности всей торфяной толщи, сбросу болотных вод в более глубокие горизонты. Деструктивные торфяники без живого сфагнового покрова теряют способность удерживать влагу. В них происходит направленное иссушение, начинаются процессы ускоренного разложения органического вещества, деградация растительного покрова. Иссушение начинается с болот, залегающих на высоких поверхностях, которые заболачивались последними благодаря подпору их грунтово-болотными водами от массивов нижележащих позиций. Деградируемые ландшафты слабо реагируют на изменение погодных условий, так как входящая влага быстро «проваливается» в глубокие горизонты. В обсохших торфяниках и заболоченных лесах велика опасность возникновения пожара. Так, ситуация 2000 и 2003 гг. в Тимирязевском лесхозе была напряженной из-за повышения пожарной опасности во вторую половину лета и частых пожаров как в лесах, так и на пересохших торфяниках.

Отмечено, что наиболее трансформированы гидро- и полугидроморфные местоположения ложбин стока, примыкающие к первой очереди водозабора. Снижение уровня грунтовых вод привело здесь к перестройке растительного покрова, разрушению органо-генных горизонтов болотных почв. В краевой обсохшей части торфяников произошло замещение соснового древостоя молодыми насаждениями из березы, возраст которой соответствует начавшимся сукцессионным сменам растительности вскоре после ввода в действие водозабора. Изменения природной среды в зоне действия второй и третьей очереди водозабора менее выражены, что связано с более поздним введением в эксплуатацию и преобладанием более устойчивых к изменению водного режима почв. Однако и в этой части нами отмечены устойчивое снижение уровня почвенно-грунтовых вод, признаки обсыхания в краевой части болот и глубоких логах. Видимо, со временем очаги деградации будут разрастаться.

Воздействие водозабора на ландшафты древней равнины менее выражено, так как перекрывается высокой агрохозяйственной

освоенностью территории. Однако и в этой части территории встречаются признаки трансформации, не свойственные агрогенным преобразованиям. Вполне возможно, что повышение продуктивности пашни в 80-е гг. связано не только с повышением культуры земледелия, но и с оптимизацией водного режима, улучшением условий обработки полей. В лесных экосистемах, сформированных на суглинистых террасах, изменение условий увлажнения негативно сказывается на продуктивности насаждений. Так, на суглинистых почвах под кедровником мелкоствольным формируется горизонт иссушения, водный режим становится неблагоприятным для кедра. Урожай ореха снижаются, а шишка, несмотря на оптимальный с точки зрения орехоплодности возраст (130–150 лет), становится мельче. В окраинной части кедровника начинается замещение кедровника типичными для подтайги сосново-березовыми древостоями.

Проведенные исследования, основанные на индикации видов нарушений по современному состоянию лесных и болотных экосистем, гидрологическому режиму почв, выявили хронологическую и территориальную связь изменений природной среды с формированием воронки депрессии. При удалении от ее центра площади трансформированных территорий уменьшаются. Чем продолжительнее действие водозабора и больше объемы откачиваемой воды, тем более выражены признаки иссушения во всех компонентах ландшафтов. Можно предположить, что при сохранении действующих объемов водопотребления деградационные процессы будут охватывать все новые территории, а отдельные очаги трансформаций сливаться в единый массив.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по инженерной геологии. М.: Недра, 1981. 325 с.
2. Жоров А. А. Подземные воды и окружающая среда. М., 1998. 380 с.
3. Попов В. К., Лукашевич Л. Д., Коробкин В. А., Золотарев В. В., Галямов Ю. Ю., Эколого-экономические аспекты эксплуатации подземных вод Обь-Томского междуречья. Томск: ТГАСУ, 2003. 173 с.
4. Попов В. К., Коробкин В. А., Рогов Г. М., Лукашевич Л. Д., Галямов Ю. Ю., Юргин Б. И., Золота-

- рев В. В. Формирование и эксплуатация подземных вод Обь-Томского междуречья. Томск: ТГАСУ, 2002. 143 с.
5. Пологова Н. Н. Лесоболотные экотоны в лесообразовательном процессе // Сиб. экол. журн. 2001. № 6. С. 675–681.
6. Раменский Л. Г., Цаценкин И. А., Чижиков О. Н., Антипин Н. А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М.: Сельхозгиз, 1956. 472 с.
7. Оценка состояния и устойчивости экосистем. М.: Наука, 1992. 127 с.
8. Кауричев И. С., Орлов Д. С. Окислительно-восстановительные процессы и их роль в генезисе и плодородии почв. М.: Колос, 1982. 247 с.
9. Зонн С. В. Железо в почвах. М.: Наука, 1982. 206 с.
10. Зайдельманн Ф. Р. Процесс глееобразования и его роль в формировании почв. М.: МГУ, 1998. 316 с.
11. Дюкарев А. Г., Пологова Н. Н. Проблемы экологии Томской области. Томск, 1992. С. 81–82.

State of Natural Environment in the Zone of the Tomsk Water Intake

A. G. DYUKAREV, N. N. POLOGOVA

*Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS
634055, Tomsk, Akademichesky ave., 10/3
E-mail: DAG@imces.ru*

Some negative processes that occur at the territory between the ob and the Tom were revealed. The indices of the degradation of environment are lowering level of ground stagnant water, changes of the water schedule of soil and withering of shallow-lying peat swamp, changes of the plant cover and productivity of tree stand. Indication of environmental distortions on the basis of the state of forest and bog ecosystems revealed a chronological and territorial connection with the start of operation of the Tomsk water intake and the formation of the cone of depression in the horizon of underground water. The most strongly transformed landscapes are those semi-and hydromorphic ones along the first succession of water intake. The landscapes along the second and the third successions of water intake are less transformed.

Key words: monitoring, landscape, withering, water intake.