

## АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

УДК 624.131.6(255)

### УПРАВЛЕНИЕ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЕМ НА ОТКРЫТЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ И АГРОМЕТЕОПАРАМЕТРОВ

**В. Н. Щедрин**, академик РАН  
**С. М. Васильев**, доктор технических наук  
**А. В. Акопян**, кандидат технических наук  
**В. В. Слабунов**, кандидат технических наук

ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»,  
г. Новочеркасск

В статье приводится методика расчета режимов орошения и водопотребления в имитационной модели планирования водопользования на оросительной системе. Разработан алгоритм управления водораспределением на открытой оросительной системе, позволяющий оптимизировать работу ОС.

**Ключевые слова:** открытая оросительная система, управление водораспределением, режим орошения, имитационное моделирование.

К основным проблемам водохозяйственного комплекса России можно отнести расточительное водопользование, неудовлетворительное качество воды в водных объектах, ухудшение технического состояния основных производственных фондов и низкая эффективность системы управления водным хозяйством. Влияние огромного количества факторов на водопользование и водопотребление в АПК приводит к необходимости решения оптимизационных задач с использованием имитационно-оптимизационных моделей для определения основных параметров оросительных систем и методов их управления работ с использованием экологических критериев на основе гидрологической информации и агрометеопараметров [2, 5]. В свою очередь, все вышеприведенное непосредственно отражается на правильности выбора методики расчета режима орошения.

Методика по расчету режимов орошения и водопотребления в имитационной модели планирования водопользования по оросительной системе реализует два комплекса моделей – планирования внутрихозяйственного водопользования и водораспределения на оросительных системах [4, 6].

Так процесс составления плана следует начинать снизу для каждого водовыдела. Примем некоторый хозяйственный водовыдел с номером  $j$ , из каналов которого орошаются  $B_j$  севооборотных участков. Тогда количество поливных участков на  $j$ -м водовыделе рассчитывается по формуле:

$$N_j = \sum_{i=1}^{B_j} n_{ij}.$$

Выбор поливных режимов каждой сельскохозяйственной культуры орошаемого севооборотного участка должен отвечать следующим требованиям: учитывать биологические особенности растений; соответствовать возможностям и особенностям применяемой техники и способов полива; повышать плодородие орошаемых земель, не допуская эрозии, заболачивания и засоления почвы.

Полив сельскохозяйственной культуры назначается в случае, когда влажность корнеобитаемого слоя почвы на поливном участке уменьшается настолько, что стано-

вится близкой или равной нижней границе оптимума влажности, при этом величина поливной нормы сельскохозяйственной культуры определяется по уравнению водного баланса для рассматриваемого орошаемого участка:

$$W_{iht} = W_{iht-1} + O_t + \Pi_{it} - U_{iht} - \Delta W_{iht} + m_{iht}, \quad \forall i = \overline{1, N_j}.$$

Распределение посевной площади  $S_{ij}$  под культурой во времени, если продолжительность сева культуры в плане превышает длительность выбранного интервала планирования, может привести к сдвигу фазофаз развития растений на этом поле и, следовательно, к различному водопотреблению культуры  $a_{ij}$ . Тогда фактическое количество орошаемых участков на  $j$ -м водовыделе равно:

$$NP_j = \sum_{i=1}^{N_j} fP_{ij}.$$

Определению поливных режимов сельскохозяйственных культур на орошаемых землях  $j$ -го хозяйственного выдела предшествует расчет сезонной динамики изменения запасов влаги в расчетном корнеобитаемом слое почв  $h_{ij}$  каждого  $i$ -го поливного участка  $i = \overline{1, NP_j}$  с целью определения сброса избытка осадков или оросительной воды  $\Delta W_{ijt}$  за пределы этого слоя некоторого интервала:

$$\Delta W_{iht} = \begin{cases} W_{iht} - W_{iht}^{HB}, & \text{если } W_{iht} - W_{iht}^{HB} > 0. \\ 0 & \end{cases}$$

Если для некоторого орошаемого участка выполняется неравенство  $\overline{W_{iht}} \leq W_{iht}$ , то в течение интервала  $t$  на этом орошаемом участке должен быть проведен вегетационный полив сельскохозяйственной культуры с кодом  $a_{ij}$  нормой, определяемой по формуле:

$$m_{iht} = \overline{W_{iht}} = W_{iht}.$$

В противном случае, если  $\overline{W_{iht}} \geq W_{iht}$ , осуществляется проверка следующего,  $(t + 1)$ -го, интервала планирования на возможность достижения влагозапасами расчетного слоя почвы на  $i$ -м поливном участке критической границы влажности завядания  $W_{ih}^{заб}$ , при которой для растений могут наступить необратимые процессы (они не восстанавливают тургор даже после длительного пребывания в атмосфере, насыщенной водяными парами). Для этого орошаемого участка находится расчетное значение:

$$W_{ih,t+1} = W_{iht} + O_{t+1} + \Pi_{i,t+1} - U_{ih,t+1} - \Delta W_{ih,t+1}, \quad \forall i = \overline{1, N_j}.$$

Если для  $i$ -го орошаемого участка в этом случае выполняется условие  $W_{ih,t+1} \leq W_{ih}^{3a6}$ , то для сельскохозяйственной культуры  $a_{ij}$  на этом участке в течение интервала  $t$  должен быть проведен полив нормой. Если же наоборот,  $W_{ih,t+1} > W_{ih}^{3a6}$ , то  $m_{iht} = 0$  и полив сельскохозяйственной культуры с кодом  $a_{ij}$  в материале  $t$  вегетационного периода не планируется.

В соответствии с вектором очередности полива и учетом подачи воды на технические нужды хозяйства  $VTN_{jt}$ , суммарный объем воды, подаваемый в  $j$ -й водовыдел в течение интервала  $t$ , находится как:

$$\bar{v}_{jts} = \sum_{i=1}^s \tilde{v}_{itj} + VTN_{jt}$$

При составлении графика забора воды в некоторый  $j$ -й хозводовыдел необходимо производить учет ее потерь из оросительной сети, которые складываются из фильтрационных потерь и технологических сбросов. Следовательно, объем воды, который требуется подать в  $j$ -й водовыдел в течение интервала  $t$  вегетационного периода, определится как:

$$\bar{u}_{jts} = \bar{v}_{jts} + V_{jEs}^{nom}, \quad \text{для } \forall S = \overline{1, NK_{jt}^*}$$

В случае выполнения ограничения по пропускной способности этого водовыдела вновь осуществляется перерасчет потребных объемов водоподачи сельскохозяйственных культур на полях  $G_{jt}$ , орошаемых из каналов  $j$ -го водовыдела в течение интервала  $t$ , в соответствии с вектором очередности полива:

$$\begin{aligned} &\text{если } \bar{u}_{jtr-1} \leq Q_j^{nc} \cdot T_t, \quad \text{а } \bar{u}_{jtr} > Q_j^{nc} \cdot T_t, \\ &\text{то } \tilde{v}_{itj} = \tilde{v}_{itj}, \quad \text{для } \forall i = \overline{1, r-1}, \quad r \leq NK_{jt}, \\ &\tilde{v}_{itj} = (Q_j^{nc} \cdot T_t - \bar{u}_{jtr-1}) \cdot \left( 1 - \frac{V_{jtr}^{noz} - V_{jtr-1}^{noz}}{\bar{u}_{jtr} - \bar{u}_{jtr-1}} \right), \quad \text{для } i = r, \\ &\tilde{v}_{itj} = 0, \quad \text{для } \forall i = \overline{r+1, NK_{jt}^*}. \end{aligned}$$

Анализ возможностей водоподачи на орошение и технические нужды хозяйств ведется в разрезе участков межхозяйственных каналов, расположенных между соседними ГТС. Для определения объемов суммарной водоподачи на орошение и технужды хозяйств-водопользователей в точки водовыделов магистрального канала необходимо провести увязку потребностей хозяйств по всем участкам межхозяйственного распределителя.

В результате имеем план водозабора и суммарного водопотребления на орошение по  $J$ -му межхозяйственному распределителю для каждого конкретного года, выбранного для расчетов режимов функционирования ОС из ретроспективного ряда лет наблюдений за метеофакторами внешней среды.

На основании вышеприведенного нами разработан алгоритм управления водораспределением на открытой оросительной системе, представленный на рисунке 1, позволяющий оптимизировать работу оросительной системы [1, 3, 7].

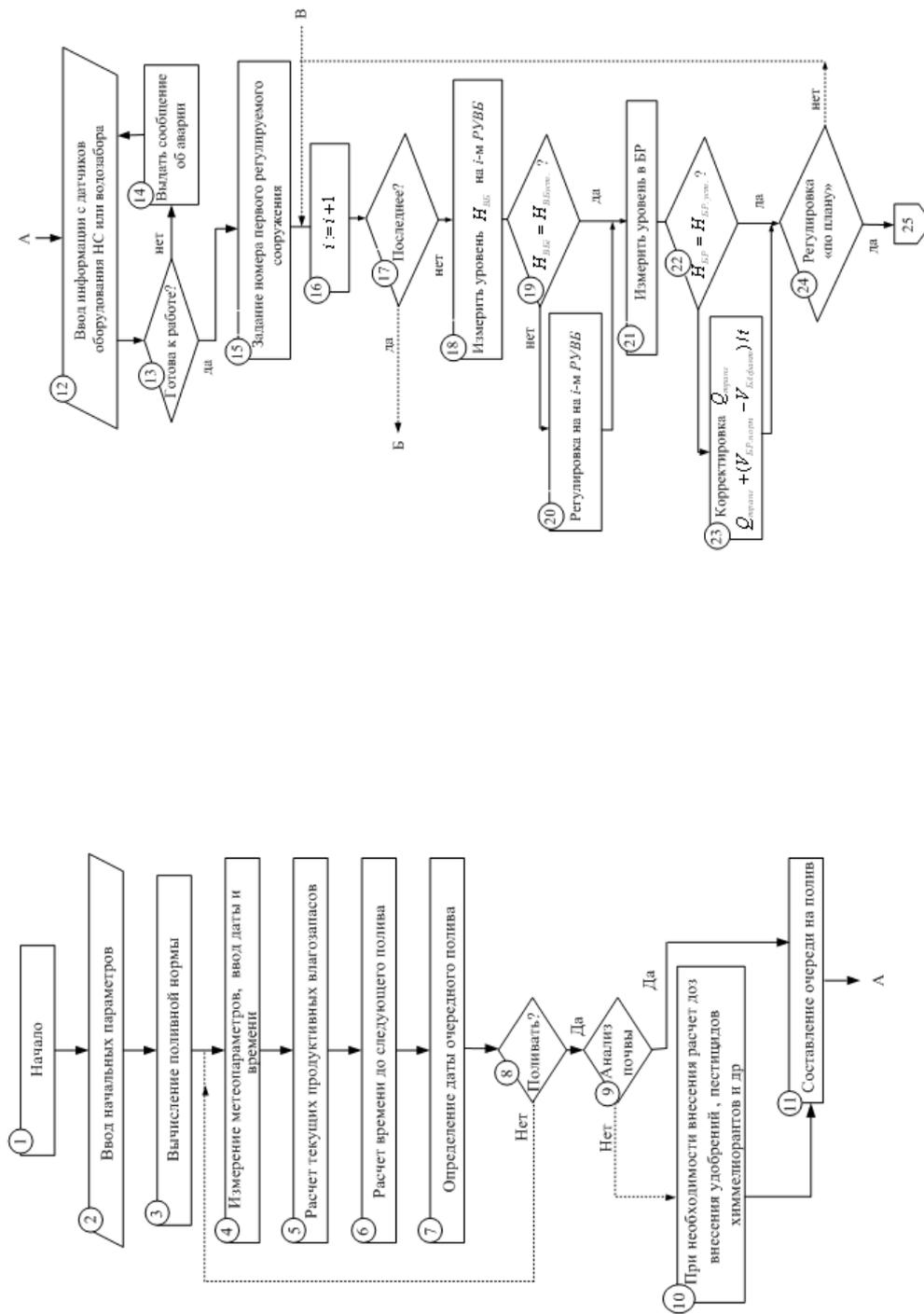


Рисунок 1 – Структурная схема общего алгоритма управления водораспределением на открытой ОС

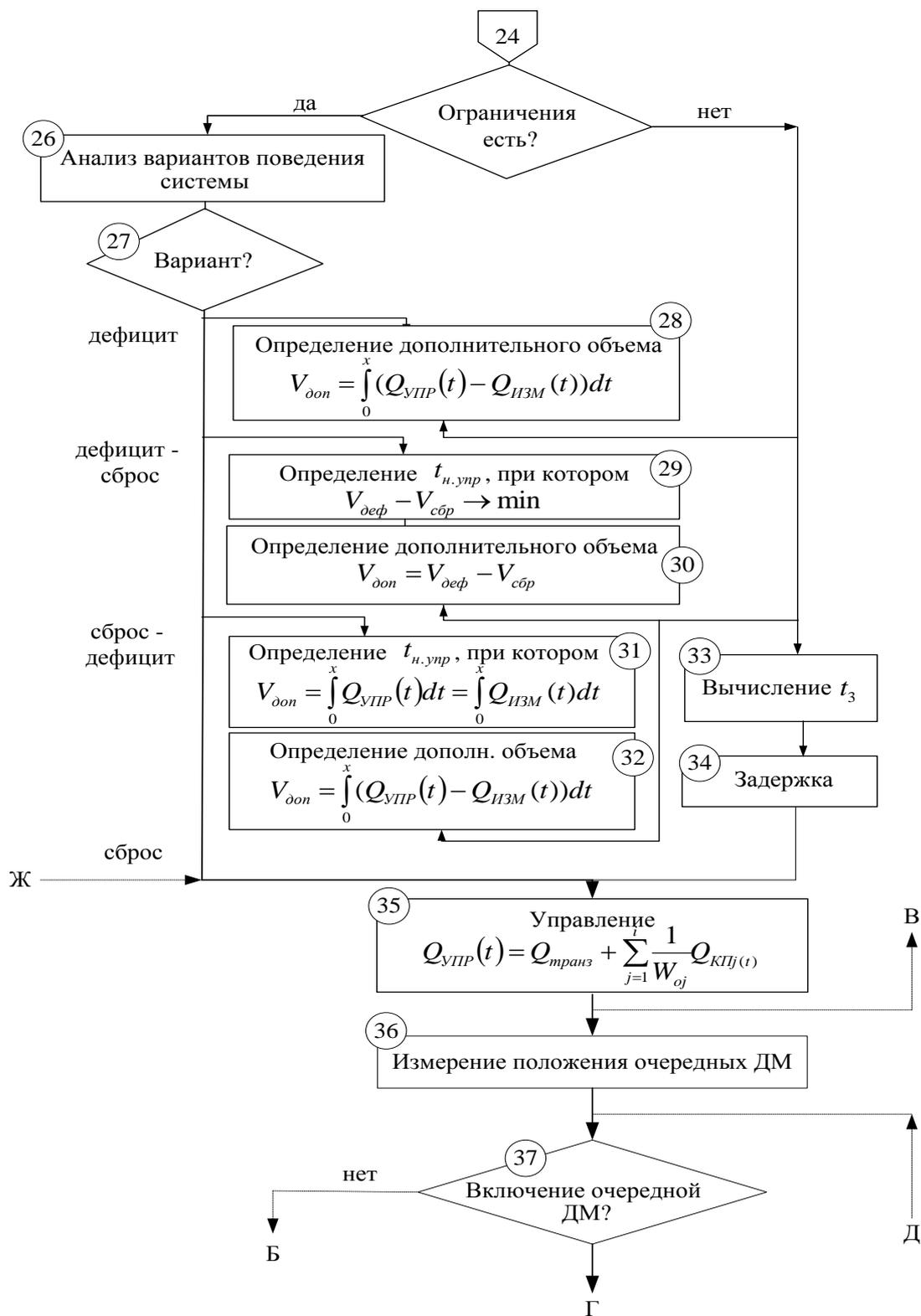


Рисунок 1 (продолжение)

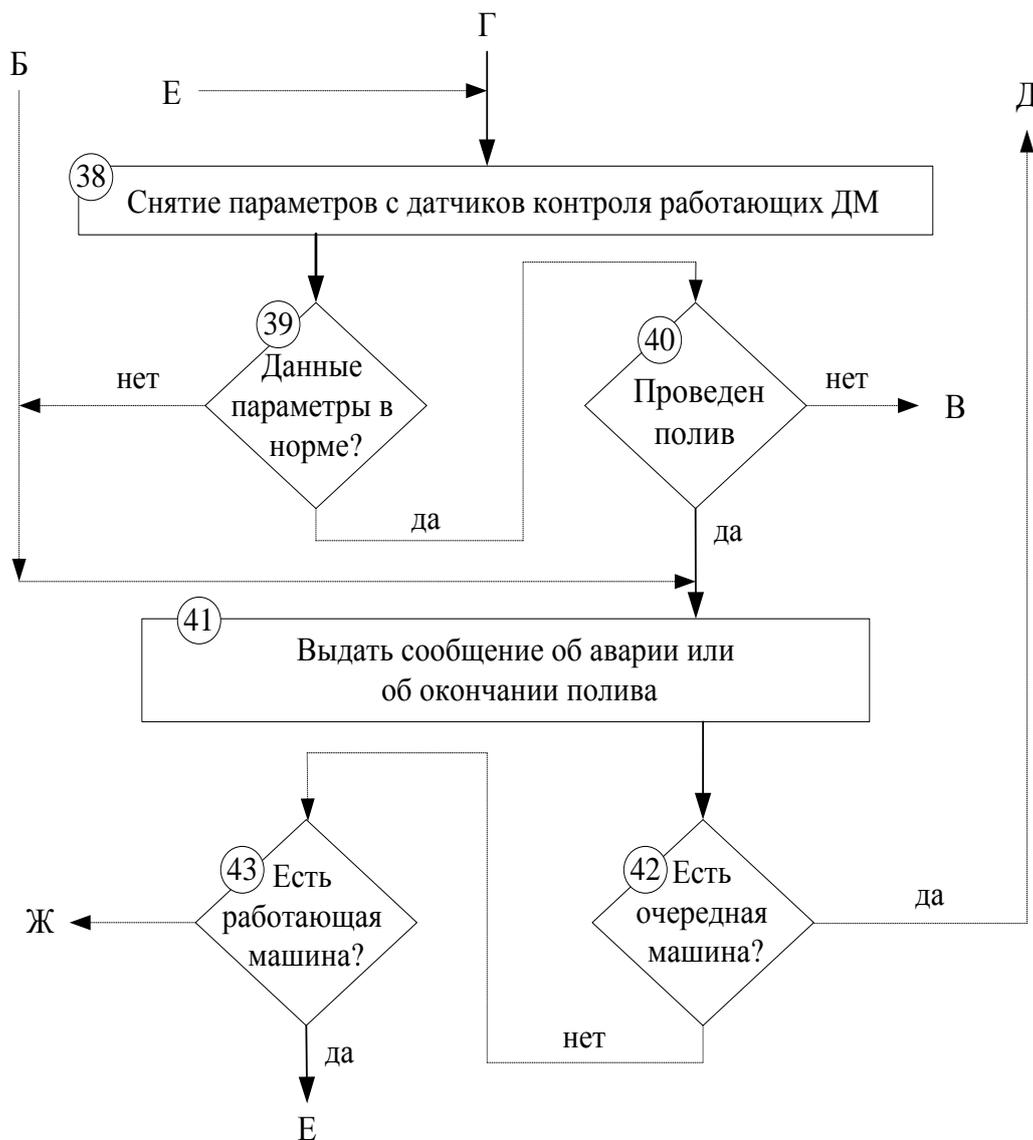


Рисунок 1 (окончание)

В заключении хотелось бы отметить следующее:

- влияние большого количества факторов на водопользование и водопотребление в АПК приводит к необходимости решения оптимизационных задач с использованием имитационно-оптимизационных моделей для определения основных параметров оросительных систем и их системы управления с учетом экологических критериев;

- применение разработанной методики по расчету режимов орошения и водопотребления в имитационной модели планирования водопользования на оросительной системе и алгоритма управления распределением водных ресурсов с учетом назначения поливов и проведения поливных работ для открытых оросительных систем с учетом экологических критериев позволит определять оптимальные значения параметров при управлении назначением поливов и проведении поливных работ и их допустимые отклонения, что сведет к минимуму непроизводительные потери воды при орошении и повысит устойчивость орошаемого земледелия.

#### Библиографические данные

1 Акопян, А. В. Совершенствование технологии орошения дождеванием черно-

земов Ростовской области [Текст] : дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / Акопян Александра Васильевна. – Новочеркасск, 2012. – 193 с.

2. Безднина, С. Я. Экологические основы водопользования [Текст] / С. Я. Безднина. – М.: ВНИИА, 2005. – 224 с.

3. Слабунов, В.В. К вопросу применения мобильных оросительных систем для циклического орошения [Текст]/ В. В. Слабунов, А. В. Акопян //Инновационные пути развития АПК: задачи и перспективы: всероссийский сб. науч. тр. / ФГБОУ ВПО АЧГАА. – Зерноград, 2012. – С. 133-135.

4. Системные принципы водочета и управления водораспределением на оросительной сети [Текст] / В. Н. Щедрин [и др.]; под ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск: НГТУ, 1994. – 235 с.

5. Щедрин, В. Н. Совершенствование конструкций открытых оросительных систем и управления водораспределением [Текст] /В. Н. Щедрин. – М.: Мелиорация и водное хозяйство, 1998. – 160 с.

6. Щедрин, В. Н. Совершенствование технологии управления водораспределением на открытых оросительных системах [Текст]/ В. Н. Щедрин, В. И. Коржов. – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 1995. – 80 с.

7. Щедрин, В. Н. Программирование водораспределения в оросительной системе открытых каналов [Текст]/ В. Н. Щедрин, Ю. Г. Иваненко, В. И Коржов. – Гидротехнические сооружения и вопросы эксплуатации оросительных систем. – Новочеркасск: ЮжНИИГиМ, 1987. – С. 3-10.

**E-mail:** [RosNIIPM@yandex.ru](mailto:RosNIIPM@yandex.ru)